



SKRIPSI - TK 141581

**PENGERINGAN *WOOD BIOMASS* MENGGUNAKAN
DIMETIL ETER CAIR UNTUK MENINGKATKAN
HEATING VALUE.**

Oleh :

MARY HAPPY

NRP. 2313100016

DIMAS TIAR WICAKSONO

NRP. 2313100127

Dosen Pembimbing

Dr. Siti Machmudah, S.T., M.Eng.

NIP. 197305121999032001

Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M. Eng.

NIP. 195209161980031002

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



FINAL PROJECT - TK 141581

**DRYING OF WOOD BIOMASS USING LIQUEFIED
DIMETHYL ETHER TO INCREASE THE HEATING VALUE**

By :

MARY HAPPY

NRP. 2313100016

DIMAS TIAR WICAKSONO

NRP. 2313100127

Advisor

Dr. Siti Machmudah, S.T., M.Eng.

NIP. 197305121999032001

Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M. Eng.

NIP. 195209161980031002

CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Industrial Engineering

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

PENGERINGAN *WOOD BIOMASS* MENGGUNAKAN DIMETIL ETER CAIR UNTUK MENINGKATKAN *HEATING VALUE*

Diajukan Untuk Memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Kimia pada Program Studi S-1
Departemen Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

MARY HAPPY
DIMAS TIAR WICAKSONO

2313 100 016
2313 100 127

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Siti Machmudah, S.T., M. Eng.
(Pembimbing I)
2. Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng.
(Pembimbing II)
3. Dr. Tantular Nurtono, S.T., M. Eng.
(Penguji I)
4. Suci Madha Nia, S.T., M.T.
(Penguji II)
5. Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA.
(Penguji III)

.....
.....
.....
.....
.....



PENGERINGAN *WOOD BIOMASS* MENGGUNAKAN DIMETIL ETER CAIR UNTUK MENINGKATKAN *HEATING VALUE*.

Nama Mahasiswa : Mary Happy (2313100016)
Dimas Tiar W. (2313100127)
Dosen Pembimbing : Dr. Siti Machmudah, S.T., M.Eng
Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam material *wood biomass* menggunakan dimetil eter cair serta mempelajari pengaruh penggunaan dimetil eter cair terhadap peningkatan *heating value* material *wood biomass*, efisiensi energi proses pengeringan *wood biomass*, dan morfologi *wood biomass*. Proses pengeringan yang dilakukan dalam penelitian ini akan menggunakan proses *semibatch*. Pada penelitian ini digunakan *wood biomass* berupa serbuk kayu. Variabel yang digunakan adalah jenis serbuk kayu yang akan dikeringkan yaitu serbuk kayu jati, meranti, dan kamper serta *moisture content* serbuk kayu yang akan dikeringkan yaitu 10%,20%,30%,40%, dan 50%. Sampel serbuk kayu akan dianalisa jumlah pengurangan kadar airnya, analisa menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui morfologi kayu sebelum dan sesudah dikeringkan, *Thermogravimetric Analysis* (TGA) untuk mengetahui perubahan material diukur terhadap fungsi suhu, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk mengidentifikasi gugus fungsi dan senyawa yang terkandung dalam serbuk kayu dan *Bomb Calorimeter* untuk mengukur nilai kalornya. Selain itu, air yang terekstrak akan dianalisa menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan dimetil eter (DME) cair dapat mengurangi kadar air yang terkandung dalam *wood biomass* serbuk kayu kamper, meranti, dan jati. Selanjutnya, % kandungan air awal yang hilang karena terambil oleh DME cair tidak mengalami perubahan yang signifikan pada

lima kali DME *treatments* (cenderung konstan). Selain itu, semakin tinggi *moisture content* serbuk kayu maka persentase air yang terambil oleh DME cair akan semakin kecil dan sebaliknya. Dengan berkurangnya kadar air dalam serbuk kayu maka *heating value* dari serbuk kayu juga meningkat, dibuktikan dengan hasil analisa Bomb Kalorimeter yang telah dilakukan dengan kenaikan *heating value* untuk masing-masing serbuk kayu sebesar 1159,76 kJ/kg ; 1570,06 kJ/kg ; dan 753,63 kJ/kg untuk masing-masing serbuk kayu kamper, meranti, dan jati. Selanjutnya dari hasil pengeringan serbuk kayu menggunakan DME cair, tidak hanya air yang terambil oleh DME cair, tetapi juga komponen-komponen yang terkandung dalam kayu tersebut, antara lain adalah lignin Klason, lignin terlarut asam, serta selulosa dan hemiselulosa, yang diketahui dari hasil analisa menggunakan alat Spektrofotometer UV-Vis. Proses pengeringan *wood biomass* serbuk kayu kamper, meranti, dan jati menggunakan DME cair tidak menyebabkan perubahan pada struktur matriks dan bentuk awal dari sel serbuk kayu, hanya terjadi perubahan warna dan sedikit perubahan pada struktur permukaan serbuk kayu. Selain melakukan pengeringan serbuk kayu menggunakan DME cair, juga dilakukan pengeringan serbuk kayu menggunakan oven, untuk perbandingan energi dan biaya yang dibutuhkan. Hasilnya dapat disimpulkan bahwa penggunaan DME cair untuk pengeringan serbuk kayu, dibandingkan dengan penggunaan oven, dapat menghemat energi yang diperlukan hingga mencapai 280% - 700%, selain itu juga terdapat penghematan biaya sebesar 38,9% - 128,3%.

Kata Kunci : Pengeringan, serbuk kayu, dimetil eter cair, nilai kalor.

DRYING OF WOOD BIOMASS USING LIQUEFIED DIMETHYL ETHER TO INCREASE THE HEATING VALUE.

Name of Student : Mary Happy (2313100016)
Dimas Tiar W. (2313100127)
Advisor : Dr. Siti Machmudah, S.T., M.Eng
Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng

ABSTRACT

The aim of this study is to reduce the water content in wood biomass using liquefied dimethyl ether and to study the effect of the use of liquefied dimethyl ether to increase the heating value of wood biomass, the energy efficiency of the drying process of wood biomass and wood biomass morphology. The drying process is conducted in a semibatch process. In this study, wood biomass used is sawdust. The variables used were the type of wood biomass; teak wood, meranti wood, and kamper wood as well as the moisture content of wood to be dried is 10%, 20%, 30%, 40% and 50%. The sample of sawdust will be analyzed the reduction in water content, also will be analyzed by using Scanning Electron Microscopy (SEM) to determine the morphology of wood biomass before and after drying, Thermogravimetric Analysis (TGA) to know the material changes to the function of temperature, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) to identify functional groups and compounds contained in wood biomass and Bomb Calorimeter to measure the heating value. Extracted water will also be analyzed by using a Spectrophotometer UV – Vis.

The results showed that the use of dimethyl ether (DME) liquid can reduce the water content that contained in wood biomass of kamper, meranti, and jati wood. Furthermore, the % of initial moisture content lost due to being taken up by liquid DME did not change significantly at five times of the DME treatments (tended to be constant). In addition, the higher the moisture content of sawdust then the percentage of water taken by liquid DME will be

smaller and vice versa. With the reduction of water content in sawdust, the heating value of sawdust is also increasing, as evidenced by the result of Bomb Calorimeter analysis which has been done with the increase of heating value for each sawdust of 1159,76 kJ / kg; 1570.06 kJ / kg; and 753.63 kJ / kg for each kamper, meranti, and jati wood. Furthermore, from the drying of sawdust using liquid DME, not only water is taken up by liquid DME, but also the components contained in the wood, among others are lignin Klason, acid soluble lignin, cellulose, and hemicellulose, which are known from the analysis using the UV-Vis Spectrophotometer tool. The process of drying of wood biomass of kamper, meranti, and jati wood using liquid DME did not cause changes in the matrix structure of the sawdust cell, only color change and slight changes in the surface structure of sawdust. Drying of sawdust not only uses liquid DME but also uses oven, to compare the energy and cost required. The result can be concluded that the use of liquid DME for drying of sawdust, compared with oven use, can save the required energy up to 280% - 700%, besides there is also cost savings of 38.9% - 128.3%.

Keyword : drying, sawdust, liquefied dimethyl ether, heating value.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Pengeringan Wood Biomass Menggunakan Dimetil Eter Cair Untuk Meningkatkan Heating Value”** dengan sebaik-baiknya sebagai salah satu tugas akhir di Teknik Kimia ITS.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Teknik Kimia ITS. Namun demikian penulis berharap skripsi ini tidak hanya sebagai pemenuh kewajiban tetapi lebih dari itu akan bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan juga bagi pembaca, terlebih pada bidang keteknikkimiaan dan aplikasinya dalam bidang industri.

Penulisan skripsi ini dapat diselesaikan tidak lepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan dari banyak pihak yang sangat berarti bagi penulis. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua serta saudara-saudara kami, atas doa, bimbingan, perhatian, serta kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran, atas bimbingan dan motivasi yang telah diberikan.
3. Ibu Dr. Siti Machmudah, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing kami selama mengerjakan skripsi kami di Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran, Departemen Teknik Kimia FTI-ITS, atas bimbingan, saran, dan motivasi yang diberikan.
4. Dr. Tantular Nurtono, S.T., M.Eng, Suci Madha Nia, S.T., M.T., dan Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA., selaku dosen penguji.
5. Seluruh dosen Teknik Kimia ITS atas semua ilmu serta bimbingan selama kami menempuh pendidikan S1.

6. Teman-teman kami di Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran yang telah berjuang bersama dalam menyelesaikan tugas akhir.
7. Teman-teman angkatan K-53 Teknik Kimia ITS yang selalu memberi semangat dan dukungan.
8. Teman-teman LA 2014 PSM ITS yang juga selalu mendukung dan memberi kami semangat dalam mengerjakan tugas akhir.
9. Bang Farid Indra, S.T selaku laboran Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran yang selalu membantu kami dalam mempersiapkan alat-alat dan melakukan percobaan.
10. Serta semua pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu kami selama penulisan laporan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan oleh penulis. Akhir kata kami selaku penulis memohon maaf apabila dalam penyusunan skripsi ini terdapat kesalahan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 10 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| HALAMAN JUDUL | |
| LEMBAR PENGESAHAN | |
| ABSTRAK (INDONESIA) | i |
| ABSTRACT (ENGLISH) | iii |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR TABEL | xi |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| I.1 Latar Belakang | 1 |
| I.2 Rumusan Masalah | 2 |
| I.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| I.4 Manfaat Penelitian | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| II.1 Dimetil Eter | 5 |
| II.2 Biomassa | 6 |
| II.3 Biomassa Kayu yang Digunakan | 8 |
| II.4 Kandungan Energi Biomassa | 9 |
| II.5 Biomassa Kayu | 11 |
| II.6 Pengujian Kadar Air | 12 |
| II.7 Penelitian Terdahulu | 12 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | |
| III.1 Alat dan Bahan | 15 |
| III.2 Prosedur Penelitian | 18 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| IV.1 Pengeringan serbuk kayu menggunakan Dimetil Eter Cair | 25 |
| IV.2 Pengeringan serbuk kayu menggunakan oven | 31 |
| IV.3 Hasil Analisa Bomb Kalorimeter | 34 |
| IV.4 Hasil Analisa Spektrofotometer UV-Vis | 35 |
| IV.5 Hasil Analisa TGA | 38 |
| IV.6 Hasil Analisa FTIR | 46 |
| IV.7 Hasil Analisa SEM | 51 |

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan59

V.2 Saran.....60

DAFTAR PUSTAKA xiii

DAFTAR NOTASI..... xvii

APPENDIKS..... xix

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---------------------|--|
| Gambar II.1 | Geometri molekul dimetil eter5 |
| Gambar II.2 | Grafik Properti Fisik Dimetil Eter6 |
| Gambar III.1 | Rangkaian alat Proses Pengeringan Dengan Dimetil Eter Cair19 |
| Gambar IV.1 | Grafik perbandingan DME <i>demand</i> dan % <i>water removal</i> serbuk kayu kamper setelah pengeringan menggunakan DME cair.....27 |
| Gambar IV.2 | Grafik perbandingan DME <i>demand</i> dan % <i>water removal</i> serbuk kayu meranti setelah pengeringan menggunakan DME cair.....28 |
| Gambar IV.3 | Grafik perbandingan DME <i>demand</i> dan % <i>water removal</i> serbuk kayu jati setelah pengeringan menggunakan DME cair.28 |
| Gambar IV.4 | Grafik perbandingan DME <i>demand</i> dan % <i>water removal</i> dari ketiga jenis serbuk kayu pada <i>moisture content</i> 40% setelah pengeringan menggunakan DME cair.32 |
| Gambar IV.5 | Grafik hasil analisa Spektrofotometer UV-Vis untuk kayu kamper hasil pengeringan menggunakan DME cair38 |
| Gambar IV.6 | Grafik hasil analisa Spektrofotometer UV-Vis untuk kayu meranti hasil pengeringan menggunakan DME cair39 |
| Gambar IV.7 | Grafik hasil analisa Spektrofotometer UV-Vis untuk kayu jati hasil pengeringan menggunakan DME cair39 |

| | | |
|---------------------|---|----|
| Gambar IV.8 | Hasil Analisa TGA pada Kayu Kamper | 41 |
| Gambar IV.9 | Hasil Analisa TGA pada Kayu Meranti | 42 |
| Gambar IV.10 | Hasil Analisa TGA pada Kayu Jati | 43 |
| Gambar IV.11 | Perbandingan Hasil Analisa TGA pada Kayu Kamper | 44 |
| Gambar IV.12 | Perbandingan Hasil Analisa TGA pada Kayu Meranti | 45 |
| Gambar IV.13 | Perbandingan Hasil Analisa TGA pada Kayu Jati | 45 |
| Gambar IV.14 | Hasil Analisa Lignin, Cellulosa dan Xylan murni | 46 |
| Gambar IV.15 | Hasil Analisa FTIR pada Kayu Kamper..... | 48 |
| Gambar IV.16 | Hasil Analisa FTIR pada Kayu Meranti | 48 |
| Gambar IV.17 | Hasil Analisa FTIR pada Kayu Jati | 49 |
| Gambar IV.18 | Hasil Perbandingan Analisa Kayu Kamper <i>Untreatment</i> dan MC 50% | 50 |
| Gambar IV.19 | Hasil Perbandingan Analisa Kayu Meranti <i>Untreatment</i> dan MC 50% | 51 |
| Gambar IV.20 | Hasil Perbandingan Analisa Kayu Jati <i>Untreatment</i> dan MC 50% | 51 |
| Gambar IV.21 | Morfologi Hasil Analisa SEM Serbuk Kayu Kamper Perbesaran 400X..... | 53 |
| Gambar IV.22 | Morfologi Hasil Analisa SEM Serbuk Kayu Meranti Perbesaran 200X..... | 54 |
| Gambar IV.23 | Morfologi Hasil Analisa SEM Serbuk Kayu Jati Perbesaran 800X..... | 55 |
| Gambar IV.24 | Perbandingan morfologi Hasil Analisa SEM Perbesaran 400X | 58 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-------------------|---|----|
| Tabel II.1 | Analisis Kimia dari Biomassa | 7 |
| Tabel II.2 | Komposisi kimia penyusun kayu kamper..... | 8 |
| Tabel II.3 | Komposisi kimia penyusun kayu meranti | 9 |
| Tabel II.4 | Komposisi kimia penyusun kayu jati..... | 9 |
| Tabel II.5 | Analisis Khusus dan Nilai Kalor Beberapa Biomassa dan Batubara | 11 |
| Tabel IV.1 | Hasil % massa air yang terambil DME/massa DME cair yang digunakan (w/w) pada suhu 28,91°C | 29 |
| Tabel IV.2 | Hasil percobaan pengeringan serbuk kayu menggunakan oven..... | 33 |
| Tabel IV.3 | Total energi dan biaya proses pengeringan serbuk kayu menggunakan oven | 34 |
| Tabel IV.4 | Hasil percobaan pengeringan serbuk kayu menggunakan DME cair..... | 35 |
| Tabel IV.5 | Total biaya proses pengeringan serbuk kayu menggunakan DME cair..... | 35 |
| Tabel IV.6 | Hasil Analisa Bomb Kalorimeter Serbuk Kayu Sebelum dan Sesudah Pengeringan Menggunakan DME Cair | 36 |

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Krisis energi, menipisnya persediaan bahan bakar fosil dan pemanasan global merupakan tantangan yang sedang dihadapi oleh masyarakat sekarang. Konsumsi energi dunia terus meningkat tiap tahunnya. Berdasarkan International Energy Agency (IEA), konsumsi energi dunia di tahun 2035 diperkirakan akan meningkat 1,3 kali lipat dibandingkan dengan konsumsi tahun 2011 terutama di negara Asia seperti Cina dan India. Seiring dengan penggunaan bahan bakar fosil yang meningkat, emisi CO₂ juga akan meningkat. Hal ini akan menyebabkan pemanasan global yang diakibatkan oleh emisi CO₂. Berdasarkan persediaan yang semakin menipis dan permasalahan lingkungan yang terjadi, pada beberapa tahun ini sedang dikembangkan teknologi alternatif baru untuk menggantikan bahan bakar fosil. Salah satunya adalah menggunakan bahan bakar biomassa dari serbuk kayu (*wood biomass*).

Salah satu pengolahan *wood biomass* sebagai bahan bakar yaitu dengan proses gasifikasi menghasilkan *syngas*, seperti menggunakan *fixed bed reactor*, *fluidized bed reactor*, *cyclone*, dan *entrained flow gasifiers*. Selain itu *wood biomass* ini dapat digunakan untuk bahan bakar proses pembakaran langsung untuk menghasilkan energi listrik. Kebanyakan dari proses ini, dibutuhkan bahan bakar dalam bentuk serbuk kering dengan kadar air sekitar 10-15% berat. Biomassa yang tersedia sebagai bahan baku pada umumnya memiliki kadar air awal sekitar 50% berat. Material *wood biomass* ini nantinya akan dibentuk menjadi bentuk *bricket* yang selanjutnya digunakan sebagai bahan bakar terbarukan.

Proses pengeringan biomassa pada dasarnya merupakan proses *energy-intensive*, dimana menurunkan efisiensi energi overall dimana biomassa dikonversi menjadi biofuel yang terbarukan. Berdasarkan *Industrial Energy-related Technologies and Systems (IETS)*, apabila menggunakan pengeringan secara

konvensional, energi panas yg dibutuhkan minimal adalah 3000 Kj/kg bahan yang diuapkan. Dengan demikian, diperlukan untuk menemukan suatu metode baru yang lebih efisien untuk menurunkan kadar air dari biomassa kayu. Penghilangan air dalam bentuk liquid menggunakan Dimetil Eter mencegah terjadinya penguapan air dan hanya membutuhkan energi yang kecil. Selain itu, proses ini dilakukan dibawah tekanan (DME cair) (Petterson, et.al, 2013).

Dimetil Eter telah digunakan secara komersial sebagai propelan aerosol, sebagai pengganti chlorofluorohydrocarbons (CFHCs), dan sebagai bahan bakar untuk mesin kendaraan. Di Eropa, DME diproduksi menggunakan proses *black liquor gasification*, dan telah berhasil digunakan sebagai bahan bakar pada berbagai macam truk Volvo berbeda dalam proyek European BioDME. Proses pengeringan baru telah dikembangkan menggunakan dimetil eter (DME) cair sebagai pengekstrak air dari suatu material (Oshita, et.al, 2015).

I.2 Rumusan Masalah

Selama ini proses pengeringan bahan/material terutama *wood biomass* menggunakan teknologi konvensional yaitu proses pengeringan termal dengan menguapkan air yang terkandung dalam material. Akan tetapi teknologi ini memiliki beberapa kelemahan diantaranya membutuhkan energi pemanas yang tinggi, waktu yang cukup lama dalam prosesnya, biaya yang cukup tinggi, serta efisiensi yang rendah. Pada penelitian ini memberikan alternatif proses pengeringan material terutama material *wood biomass* dengan menggunakan Dimetil Eter (DME) cair untuk meningkatkan *heating value* dari material *wood biomass*.

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Mengurangi kadar air dalam material *wood biomass* menggunakan Dimetil Eter cair.
2. Mempelajari pengaruh penggunaan Dimetil Eter cair terhadap peningkatan *heating value* material *wood biomass*.
3. Mempelajari pengaruh penggunaan Dimetil Eter cair terhadap efisiensi energi proses pengeringan *wood biomass*.
4. Mempelajari pengaruh penggunaan Dimetil Etil cair terhadap morfologi *wood biomass*.

I.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Dapat meningkatkan *heating value* material *wood biomass* sebagai energi alternatif untuk bahan bakar.
2. Sebagai bahan referensi dan informasi bagi penulis selanjutnya yang tertarik untuk mengkaji dan meneliti tentang proses pengeringan *wood biomass* menggunakan Dimetil Eter cair.

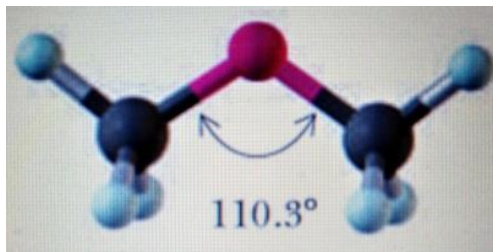
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Dimetil Eter

Dimetil eter dengan nama IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), metoksi metana, merupakan eter paling sederhana. DME memiliki rumus molekul CH_3OCH_3 , dengan 2 gugus metil (CH_3) yang terikat pada 1 atom oksigen (Bettelheim et al., 2010). **Gambar II.1** memperlihatkan geometri molekul DME yang mirip dengan air (McMurry, 2008) yaitu berupa tetrahedral, dimana sudut antar ikatan C-O-C sebesar $110,3^\circ$ (Brown et al., 2009).

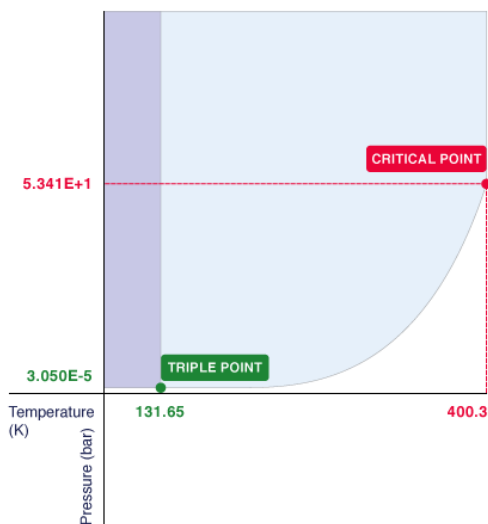


Gambar II.1 Geometri molekul dimetil eter.

DME berwujud gas yang tidak berwarna pada kondisi atmosfer normal. Properti fisik dari DME adalah seperti berikut, massa molar ; $46,0684 \text{ g mol}^{-1}$, titik didih normal (pada 1 atm) ; 248.368 K (-24.782°C), temperatur kritis ; $400,378 \text{ K}$ ($127,228^\circ\text{C}$) dan tekanan kritis ; 5336.8 kPa (Wu et al., 2011), seperti pada **Gambar II.2**. Walaupun berat molekul DME lebih besar dari air (massa molar air $18,0152 \text{ g mol}^{-1}$), namun titik didih DME jauh lebih rendah berbanding titik didih air (100°C pada 1 atm). Begitu pula dengan isomer dari DME yaitu etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) dengan titik didih yang juga lebih tinggi, 78°C . Hal ini berkaitan dengan interaksi antar molekul-molekul DME yang tidak dapat membentuk ikatan hidrogen. Sebaliknya, antar molekul DME dan

molekul air dapat berikatan hidrogen (Cheremisinoff, 2003), dengan demikian DME larut secara parsial dalam air (Holldorff dan Knapp, 1988).

DME memiliki afinitas yang tinggi terhadap senyawa-senyawa berminyak (Eltringham dan Catchpole, 2007). Pada dasarnya, DME bersifat inert, yang mana hanya bereaksi atau terdekomposisi pada kondisi yang tidak lazim. Alasan ini mengapa DME dapat digunakan sebagai pelarut. Bahkan *European Food Safety Authority (EFSA)* (EFSA, 2015), *Food Standards Australia, New Zealand* dan *United States* telah menetapkan DME sebagai pelarut ekstraksi yang aman untuk produksi bahan makanan dan pangan (Varlet *et al.*, 2014). Sebagai pelarut, DME juga memiliki kelarutan yang tinggi baik pada senyawa polar maupun terhadap senyawa non polar (Gas Encyclopedia Air Liquide, 2016).



Gambar II.2 Grafik Properti Fisik Dimetil Eter

II.2 Biomassa

Secara umum biomassa merupakan bahan yang dapat diperoleh dari tanaman baik secara langsung maupun tidak

langsung dan dimanfaatkan sebagai energi atau bahan dalam jumlah yang besar. “Secara tidak langsung” mengacu pada produk yang diperoleh melalui peternakan dan industri makanan. Biomassa disebut juga sebaga “fitomassa” dan seringkali diterjemahkan sebagai *bioresource* atau sumber daya yang diperoleh dari hayati. Ada berbagai jenis biomassa dan komposisinya juga beragam. Beberapa komponen utama adalah selulosa, hemiselulosa, lignin, kanji dan protein. Pohon biasanya mengandung selulosa, hemielulosa dan lignin seperti tanaman herba meskipun persen komponennya berbeda satu sama lain (Shinya Yokoyama, 2008).

Tabel II.1 Analisis Kimia dari Biomassa

| Kategori biomassa | Rumput Laut Coklat | Enceng Gondok | Rumput bermuda | Kayu (Hybrid poplar) |
|-------------------|--------------------|---------------|----------------|----------------------|
| Selulosa | 4.8 | 16.2 | 31.7 | 65.6 |
| Hemiselulosa | - | 55.5 | 40.2 | 11.2 |
| Lignin | - | 6.1 | 4.1 | 3.1 |
| Manitol | 18.7 | - | - | - |
| Alginin | 14.2 | - | - | - |
| Protein Kasar | 15.9 | 12.3 | 12.3 | 3.5 |
| Abu | 45.8 | 22.4 | 5.0 | 16.7 |
| Total | - | 112.5 | 93.3 | 100.1 |

*Total tidak harus 100 karena setiap komponen diukur dengan metode yang berbeda

(Sumber: Panduan untuk Produksi dan Pemanfaatan Biomassa)

II.3 Biomassa Kayu yang Digunakan.

a) Kayu Kamper

Kayu kamper merupakan salah satu jenis kayu keras yang biasa digunakan sebagai bahan bangunan. Tinggi pohon pada umumnya 35 – 40 meter. Panjang batang bebas cabang 30 meter atau lebih dengan diameter 80 – 100 cm². Ciri umum kayu kamper adalah kayu berwarna merah coklat atau merah kelabu. Kayu kamper mengandung silika. Oleh karena itu sulit dikerjakan dengan mesin dan gergaji dalam keadaan kering. Komposisi kimia penyusun kayu kamper ditunjukkan pada Tabel II.2 berikut :

Tabel II.2 Komposisi kimia penyusun kayu kamper.

| Senyawa | Kandungan (%) |
|----------|---------------|
| Selulosa | 60,0 |
| Lignin | 26,9 |
| Pentosan | 15,7 |
| Abu | 0,8 |
| Silika | 0,6 |

(Nuwiah, 2010)

b) Kayu Meranti

Kayu Meranti adalah nama sejenis kayu pertukangan yang populer dalam perdagangan. Kayu meranti tergolong kayu keras berbobot ringan sampai berat-sedang. Kayu meranti adalah kayu komersial di asia tenggara. Kayu ini sering digunakan untuk berbagai keperluan. Kayu ini lazim dipakai sebagai kayu konstruksi, panel kayu untuk dinding, loteng, sekat ruangan, bahan mebel dan perabot rumah tangga, dan lain-lain. Komposisi kimia penyusun kayu meranti ditunjukkan pada Tabel II.3 berikut :

Tabel II.3 Komposisi kimia penyusun kayu meranti.

| Senyawa | Kandungan (%) |
|--------------|---------------|
| Selulosa | 63,97 |
| Lignin | 29,39 |
| Hemiselulosa | 13,37 |
| Abu | 0,85 |

(Supartini, 2009)

c) Kayu Jati

Jati adalah sejenis pohon penghasil kayu bermutu tinggi. Pohon besar, berbatang lurus, dapat tumbuh mencapai tinggi 30-40 m. Berdaun besar, yang luruh di musim kemarau. Jati dikenal dunia dengan nama *teak* (bahasa Inggris). Nama ini berasal dari kata *thecku* dalam bahasa Malayalam, bahasa di negara bagian Kerala di India selatan. Nama ilmiah jati adalah *Tectona grandis* L.f. Komposisi kimia penyusun kayu jati ditunjukkan pada Tabel II.4 berikut :

Tabel II.4 Komposisi kimia penyusun kayu jati.

| Senyawa | Kandungan (%) |
|----------|---------------|
| Selulosa | 47,5 |
| Lignin | 29,9 |
| Pentosan | 14,4 |
| Abu | 1,4 |
| Silika | 0,4 |

(Sediawan, 2014)

II.4 Kandungan Energi Biomassa

Untuk menentukan sistem energi biomassa, kandungan energi setiap jenis bahan baku biomassa harus ditentukan terlebih dahulu. Nilai kalor seringkali digunakan sebagai indikator kandungan energi yang dimiliki oleh biomassa. Nilai kalor adalah jumlah panas yang dihasilkan saat bahan menjalani pembakaran

sempurna atau dikenal sebagai kalor pembakaran. Nilai kalor ditentukan melalui rasio komponen dan jenisnya serta rasio unsur di dalam biomassa itu sendiri (terutama kadar karbon) (Shinya Yokoyama, 2008).

(a) Nilai kalor tertinggi dan terendah

Biomassa terdiri atas bahan organik seperti karbon, hidrogen, dan oksigen dan saat dibakar secara sempurna, ia akan menghasilkan air dan karbon dioksida. Air dan uap air yang dihasilkan mengandung kalor laten yang terbebas saat kondensasi. Nilai kalor yang meliputi kalor laten disebut sebagai nilai kalor tinggi/high heating value (HHV), sedangkan untuk nilai kalor dimana kalor laten tidak termasuk dalam sistem tersebut disebut sebagai nilai kalor rendah/low heating value (LHV).

(b) Kalor yang tersedia

Nilai kalor Q_0 adalah jumlah kalor yang dihasilkan dari pembakaran sempurna per unit bahan dibawah kondisi standar. Biomassa sebenarnya mengandung lebih banyak air dan abu, yang harus dipertimbangkan ketika energi diproduksi. Penilaian hanya berdasarkan nilai kalor rendah adalah tidak cukup sebagai indikator untuk menentukan apakah biomassa dalam kondisi alami akan dapat mempertahankan pembakaran atau tidak. Energi yang diperlukan untuk meningkatkan udara sekitar, suhu yang diperlukan untuk mempertahankan pembakaran, dan juga energi endotermik abu harus juga diperhitungkan. Jumlah kalor yang diperlukan atau disebut sebagai kalor tersedia dihitung berdasarkan persamaan di bawah: Kalor tersedia $Q = Q_0 (1-w) - 1000w - [\text{absorpsi kalor terbuang}] - [\text{absorpsi kalor abu}]$ (w: kadar air)

Nilai kalor berbagai jenis biomassa pada tabel II.2 menunjukkan data untuk kadar air, kadar bahan organik, kadar abu, dan nilai kalor dari berbagai jenis biomassa representatif (Shinya Yokoyama, 2008).

Tabel II.5 Analisis Khusus dan Nilai Kalor Beberapa Biomassa dan Batubara.

| Biomassa | Kadar air (% bobot) | Bahan organik (% berat kering) | Abu (% bobot) | Nilai kalor tinggi (MJ/kering-kg) |
|-------------------|---------------------|--------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| Kertas | 3-13 | 94.0 | 6.0 | 17.6 |
| Jerami | 5-15 | 80.8 | 19.2 | 15.2 |
| Kulit pinus | 5-30 | 97.1 | 2.9 | 20.1 |
| Serbuk Gergaji | 15-60 | 99.0 | 1.0 | 20.5 |
| Batu Bara Bitumen | 5-10 | 91.3 | 8.7 | 28.3 |

Sumber: Panduan untuk Produksi dan Pemanfaatan Biomassa

II.5 Biomassa Kayu

Industri kehutanan menyediakan bahan biomassa kayu sebagai hasil samping sisa kayu dan juga sebagai produk utama yang ditebang dari pohon-pohon dan hutan. Bahan bakar kayu meliputi 53% dari jumlah kayu yang diproduksi di dunia. Namun, bahan bakar kayu hanya mencakup beberapa persen di kebanyakan negara industri pada masa ini, meskipun negara industri pernah bergantung sepenuhnya pada bahan bakar kayu hingga tahun 1960-an. Penggunaan energi biomassa kayu telah berkembang kegunaannya sebagai salah satu usaha untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi tak terbarukan seperti bahan bakar fosil. Hutan tanaman di negara-negara tropis memiliki potensi yang besar untuk menyediakan biomassa kayu dengan rotasi yang pendek dan biaya yang rendah.

Residu yang lebih kecil seperti kulit kayu, serbuk gergaji, serbuk kayu atau residu venir digunakan sebagai alas hewan ternak di peternakan terdekat, sebagai bahan bakar boiler di pabrik atau

sebagai kompos. Hanya 7% dari jumlah anggaran 12 juta m³ residu kayu yang diproduksi pada tahun 2005 yang dibakar tanpa penggunaan atau dibuang (Shinya Yokoyama, 2008).

II.6 Pengujian Kadar Air

Untuk menguji kadar air pada suatu bahan dilakukan suatu metode sederhana apakah suatu bahan tersebut sudah cukup kering. Bahan dikeringkan dalam oven pada suhu tertentu selama beberapa jam hinggaberatnya konstan. Kadar air dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Kadar Air} = \frac{X1 - X2}{X1}$$

Keterangan:

X1= berat sample sebelum dikering (gram)

X2= berat sample setelah dikeringkan (gram)

(Agus Triono, 2016)

II.7 Penelitian Terdahulu

Ohrman, Olov dan Pettersson, Esbjorn (2013) melakukan penelitian tentang pengeringan biomassa pada temperature ruangan. Air dihilangkan dalam bentuk liquid dari serbuk kayu dan serpihan kayu basah menggunakan DME cair dalam proses *batch* skala laboratorium. Kedua sampel tersebut dapat dikeringkan pada waktu yang pendek sehingga kandungan airnya menjadi 15% berat dari awalnya sekitar 55% berat. Dengan waktu pengeringan yang lebih lama dapat mengurangi kandungan air sampai 8% berat. Pada proses ini, digunakan variasi jumlah DME cair yang digunakan sebesar 12-22 gr DME per gr air yang dihilangkan.

Kanda, Hideki dan Makino, Hisao (2010) melakukan penelitian tentang pengeringan batubara *sub-bituminous*, yang diambil dari Warra, Indonesia, dengan menggunakan dimetil eter (DME) cair. Tidak diperlukan pemanasan pada proses pengeringan ini. Proses pengeringan ini dicapai pada percobaan menggunakan peralatan *laboratory-scale* dan *bench-scale* yang sudah dilakukan sebelumnya. Juga dilakukan penelitian mengenai sifat fisik batubara sebelum dan sesudah pengeringan serta pengukuran

jumlah energy yang dibutuhkan oleh peralatan. Dihilangkan bahwa efisiensi maksimum ekstraksi air menggunakan DME cair sebesar 98,3%. Selanjutnya, sifat fisik dari batubara tidak mengalami perubahan setelah proses pengeringan. Energi yang dipakai oleh peralatan skala kecil (*bench-scale equipment*) sebesar 2069 kJ/kg air. Dengan demikian, proses pengeringan menggunakan DME cair ini telah dikonfirmasi dapat menjadi lebih efektif dan hemat energi.

Oshita, Kazuyuki, *et al* (2015) melakukan penelitian yang berfokus pada teknologi pengeringan hemat energi pada kotoran ternak menggunakan dimetil eter (DME) cair pada temperature ruangan, menguji sifat fisik hasil pengeringan, dan menghasilkan neraca massa air di kotoran ternak. Pada kondisi optimum, lebih dari 98% dari air dan beberapa kandungan lemak jenuh di kotoran ternak dapat dihilangkan setelah proses selama 70 menit (7 kali *batch*), dengan perbandingan jumlah DME terhadap jumlah air awal sebesar 28,6. Selain itu, nilai kalor terendah/*Lower Heating Value* (LHV) dari kotoran ternak, yang telah dikeringkan menggunakan DME cair pada kondisi yang sama, meningkat menjadi 13,8 MJ/kg, dimana jumlah ini 18,1 kali lebih besar dari LHV kotoran ternak pada umumnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODE PENELITIAN

Proses pengeringan *wood biomass* akan dilakukan untuk mengambil kandungan air di dalam sampel *wood biomass*. Proses pengeringan ini menggunakan Dimetil Eter cair secara *semibatch*. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis serbuk kayu yang digunakan dan *moisture content* dari sampel serbuk kayu yang akan dikeringkan. Terdapat 3 jenis serbuk kayu yang akan dikeringkan, yaitu serbuk kayu jati, serbuk kayu meranti, dan serbuk kayu kamper. *Moisture content* dari sampel yang digunakan adalah 50%, 40%, 30%, 20%, 10%. Sebelum dan sesudah dikeringkan menggunakan DME cair, sampel biomassa selanjutnya akan dianalisa besarnya pengurangan kadar air, kemudian dianalisa menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Thermogravimetric Analysis* (TGA), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), dan *bomb calorimeter* untuk mengukur nilai kalor setelah dikeringkan. Selain itu, ekstrak campuran air dan zat komponen kayu yang didapatkan dianalisa menggunakan Spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui apa saja komponen serbuk kayu yang ikut terekstrak oleh DME cair bersama air.

III.1 Alat dan Bahan.

III.1.1 Bahan Penelitian.

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Serbuk kayu jati, meranti, dan kamper.
2. Dimetil Eter (DME) cair.
3. Air.
4. Ethanol teknis 96%.

III.1.2 Alat Penelitian.

Alat penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

III.1.2.1 Alat yang Digunakan untuk Tahap Pengeringan.

1. *Liquified DME cylinder.*
Liquified DME cylinder berfungsi untuk mengalirkan DME dari tangki DME menuju ekstraktor. Alat ini juga akan memastikan bahwa DME yang dialirkan ke ekstraktor akan tetap berwujud liquid. Alat ini terbuat dari *stainless steel* yang berbentuk silinder dengan dimensi diameter dalam 4 cm dan tinggi 19 cm.
2. *Valve*
Valve berfungsi untuk mengatur aliran DME yang akan dialirkan ke ekstraktor.
3. Ekstraktor
Kolom ekstraktor yang digunakan berasal dari pabrikan Taiatsu Techno Corp, Saitama, Jepang dengan tipe HPG-10-5. Kolom ekstraktor terbuat dari bahan kaca tahan tekanan yang dilapisi dengan polycarbonate.
4. *Extract Storage Tank.*
Alat ini berfungsi untuk tempat penampung ekstrak atau dalam penelitian ini adalah air dan tempat terpisahnya antara pelarut (DME) dengan ekstrak (air). Alat ini berasal dari pabrikan Taiatsu Techno Corp, Saitama, Jepang dengan tipe HPG-96-3 dan volume alat 96 cm³.
5. *Pressure Reducing Valve.*
Pressure reducing valve berfungsi untuk memisahkan pelarut (DME) dari hasil ekstrak (air). Alat ini akan menurunkan tekanan sehingga DME akan berubah fasa menjadi gas dan terpisah dari hasil ekstrak (air).
6. *Waterbath.*
Waterbath ini berupa wadah yang terbuat dari acrylic berukuran 42cm x 20cm x 20cm, yang berfungsi untuk

tempat memanaskan DME *storage tank* sampai suhu 39°C.

7. *Heater.*

Heater berfungsi untuk memanaskan air dalam *waterbath* , dengan tegangan 100 Volt dan daya listrik 1000 watt.

8. *Temperature controller dan thermocouple.*

Temperature controller sebagai pengatur dan penunjuk temperature dalam *waterbath* yang terhubung dengan *heater* dan *thermocouple*.

9. Statif dan Klem Holder.

Sebagai penyangga untuk DME *storage tank*, ekstraktor dan *extract storage tank*.

III.1.2.2 Alat Analisa Kandungan Sampel.

Alat analisa sampel *wood biomass* terdiri dari :

1. **SEM (*Scanning Electronic Microscopy*)**

Sampel *wood biomass* sebelum dan setelah dikeringkan dengan DME cair dianalisa menggunakan SEM untuk mengetahui perbedaan morfologinya sebelum dan setelah pengeringan.

2. ***Thermogravimetric Analysis (TGA)***

Sampel *wood biomass* sebelum dan setelah dikeringkan dengan DME cair dianalisa menggunakan TGA untuk mengetahui perubahan material yang diukur sebagai fungsi temperature.

3. ***FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)***

Sampel *wood biomass* sebelum dan setelah dikeringkan dengan DME cair dianalisa menggunakan FTIR untuk mengetahui karakteristik bahan sampel dan gugus fungsi dari sampel dengan cara menentukan dan merekam hasil spektra residu dengan serapan energi oleh molekul organik dalam sinar inframerah.

4. **Bomb Calorimeter.**

Sampel *wood biomass* sebelum dan setelah dikeringkan dengan DME cair dianalisa menggunakan Bomb Calorimeter untuk mengukur jumlah nilai kalor dari sampel biomassa.

5. **Spektrofotometer UV-Vis.**

Campuran air dan ekstrak yang terbawa oleh DME cair dianalisa menggunakan alat Spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui komponen kayu apa saja yang ikut terekstrak oleh DME cair bersama air.

III.2 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi 3 tahapan, yaitu

1. Tahap persiapan bahan baku.
2. Tahap ekstraksi/pengeringan.
3. Tahap analisa.

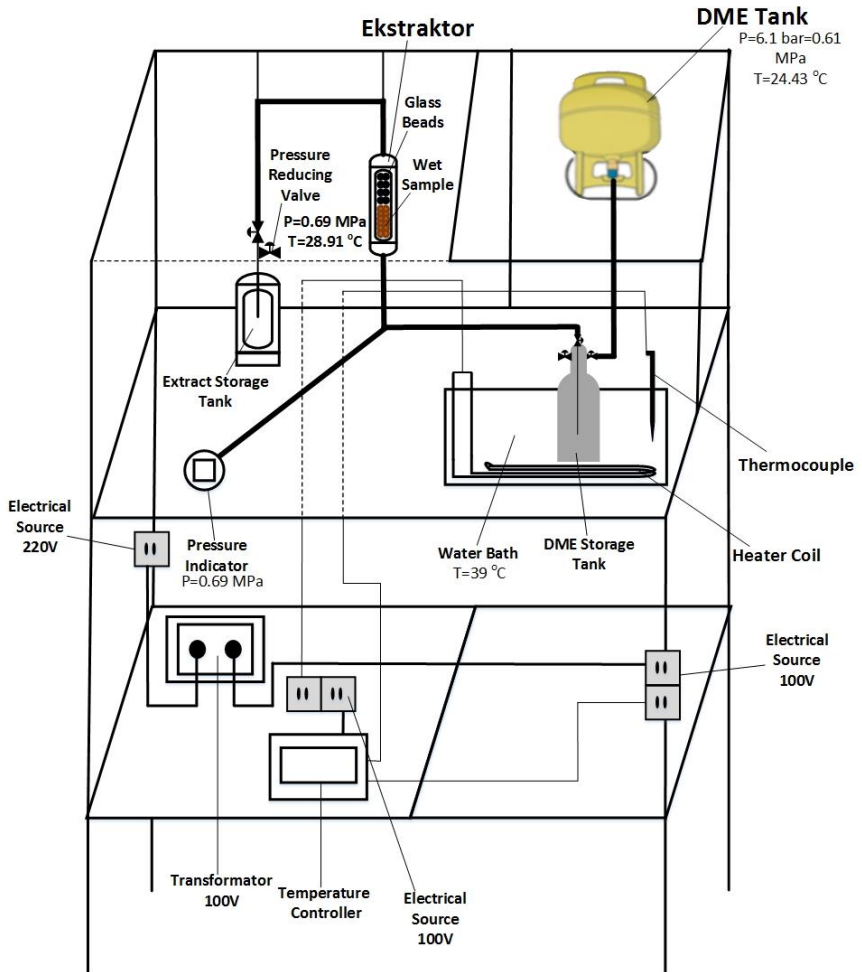
III.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku.

Tahapan proses persiapan bahan baku adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan 3 jenis serbuk kayu yang akan digunakan yaitu serbuk kayu jati, meranti, dan kamper.
2. Mengukur *moisture content* awal serbuk kayu dengan cara menimbang massa awal serbuk kayu, lalu mengeringkan di oven pada suhu 60 °C sampai tidak terjadi perubahan massa pada serbuk kayu (dianggap kandungan air pada sampel sudah habis atau 0%).
3. Menyimpan sampel serbuk kayu dalam plastik dan ditambahkan *silica gel* agar sampel tetap kering sebelum digunakan dalam penelitian.

III.2.2 Tahap Pengeringan.

Proses pengeringan dilakukan pada rangkaian peralatan pengeringan menggunakan DME cair dengan skema diagram seperti terlihat pada **Gambar III.1**.



Gambar III.1 Skema Peralatan Proses Pengeringan *Wood Biomass* dengan DME cair.

Tahapan proses pengeringan adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan bahan pengeringan yaitu serbuk kayu (kamper, meranti, dan jati).
2. Menimbang serbuk kayu yang akan dikeringkan (berat kering) sebanyak $\pm 1,5$ gram, lalu menambahkan air ke dalam serbuk kayu sesuai dengan variabel *moisture content* yang telah ditentukan, selanjutnya ditimbang kembali (berat basah).
3. Selanjutnya menyimpan sementara serbuk kayu basah, untuk mempersiapkan rangkaian alat pengeringan menggunakan DME cair.
4. Menyiapkan rangkaian alat pengeringan seperti pada **Gambar III.1**
5. Menimbang massa tangki penampung DME cair kosong (sebelum diisi).
6. Mengisi tangki penampung DME dengan cara mengalirkan DME cair dari tabung elpiji (tempat sementara) menuju ke tangki penampung DME cair, sambil ditimbang untuk mengetahui berapa massa DME cair yang terisi, dengan sebelumnya menambahkan media pendingin pada tangki agar menjaga kondisi DME tetap dalam fase cair dan DME cair bisa mengalir dari tabung elpiji menuju tangki penampung DME cair.
7. Setelah tangki penampung DME terisi, kemudian memanaskan tangki penampung DME dengan menggunakan *waterbath* yang sebelumnya telah dipanaskan menggunakan *heater* pada temperatur 39 °C.
8. Memasukkan bahan serbuk kayu kering dan *glass bead* ke dalam ekstraktor, sehingga menempati setengah dari volume ekstraktor. Selanjutnya menutup bagian atas dan bawah ekstraktor menggunakan *glass wool*.

9. Mengalirkan DME (dalam bentuk liquid) menuju alat ekstraktor dengan cara membuka valve (bukaan konstan untuk semua variable).
10. Kondisi operasi pada alat ekstraktor yaitu pada temperature 39 °C, dengan tekanan sesuai tekanan uap (*vapor pressure*) DME pada temperature 39 °C yaitu 0,69 MPa.
11. Setelah DME telah teralirkan ke dalam ekstraktor berisi sampel hingga memenuhi volume ekstraktor, kemudian menutup valve dan membiarkan DME liquid mengambil air dari serbuk kayu dalam ekstraktor dan didiamkan selama 5 menit untuk semua variabel.
12. Setelah 5 menit, membuka valve keluaran dari ekstraktor menuju *Extract Storage Tank* untuk mengalirkan DME cair dan air.
13. Membuka valve dari DME *storage tank* dan *pressure reducing valve* untuk mengalirkan DME cair sampai sesuai dengan jumlah DME yang diinginkan.
14. Setelah mencapai jumlah DME yang diinginkan, kemudian menutup semua valve.
15. Membuka *pressure reducing valve* untuk memisahkan antara ekstrak DME cair dengan cara menguapkan DME, sehingga hanya tersisa air dan ekstrak di *collecting vial*.
16. Menimbang jumlah air yang keluar dalam *collection vial* dan menimbang massa bahan serbuk kayu yang telah dikeringkan, untuk selanjutnya untuk dianalisa, serta mencatat jumlah DME yang digunakan/ jumlah air awal pada sampel.
17. Mengolah data hasil penelitian dengan menghitung % *water removal* dan DME

demand dengan menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\% \text{ water removal} = \frac{\text{jumlah air yang terambil (gram)}}{\text{jumlah air awal (gram)}} \times 100\%$$

$$\text{DME demand} = \frac{\text{jumlah DME cair yang digunakan (gram)}}{\text{jumlah air awal (gram)}}$$

III.2.3 Tahap Analisa.

Bahan *wood biomass* yang sudah dikurangi kadar airnya dengan menggunakan DME cair kemudian dianalisa dengan menggunakan analisa sebagai berikut :

1. **SEM (*Scanning Electronic Microscopy*)**
Sampel *wood biomass* sebelum dan setelah dikeringkan dengan DME cair dianalisa menggunakan alat SEM Hitachi S-4200, untuk mengetahui morfologinya.
2. ***Thermogravimetric Analysis (TGA)***
Sampel *wood biomass* sebelum dan setelah dikeringkan dengan DME cair dianalisa menggunakan alat TGA Shimadzu, TA-60WS Thermal Analyzer, untuk mengetahui perubahan material yang diukur sebagai fungsi temperature.
3. ***FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)***
Sampel *wood biomass* sebelum dan setelah dikeringkan dengan DME cair dianalisa menggunakan alat FTIR PerkinElmer, Spektrum Two, untuk mengetahui karakteristik bahan sampel dan gugus fungsi dari sampel dengan cara menentukan dan merekam hasil spektra residu dengan serapan energi oleh molekul organik dalam sinar inframerah.
4. **Bomb Calorimeter.**
Sampel *wood biomass* sebelum dan setelah dikeringkan dengan DME cair dianalisa menggunakan alat IKA

Oxygen Bomb Calorimeter C 6000, untuk mengukur jumlah nilai kalor dari sampel biomassa.

5. Menimbang sampel untuk mengukur pengurangan kandungan air dalam sampel.

Selain itu, air yang keluar dari proses pengeringan bahan kemudian dianalisa dengan menggunakan analisa sebagai berikut :

1. ***UV-Vis Spectrofotometer***

Spektrofotometer UV-Vis digunakan sebagai alat untuk menganalisa komponen pada sampel serbuk kayu yang terbawa dalam air yang terekstrak oleh DME. Spektrofotometer yang digunakan adalah spektrofotometer UV-Vis Genesys 10S dari Thermo Scientific.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, kadar air dalam material *wood biomass* dapat dikurangi dengan cara pengeringan menggunakan Dimetil Eter cair. Selain itu, dalam penelitian ini dipelajari pengaruh penggunaan Dimetil Eter cair terhadap peningkatan *heating value* material *wood biomass*, efisiensi energi proses pengeringan *wood biomass*, serta morfologi *wood biomass*. Jenis *wood biomass* yang digunakan dalam penelitian kali ini yaitu serbuk kayu kamper, meranti, dan jati. Variabel lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah *moisture content* dari serbuk kayu yaitu 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui besarnya pengurangan air hasil pengeringan (dalam %) serta DME *demand* (massa DME / massa air yang hilang). Selanjutnya, ekstrak campuran air dan zat komponen kayu dianalisa menggunakan Spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui kandungan komponen serbuk kayu yang ikut terekstrak. Serbuk kayu kamper, meranti, dan jati sebelum dan sesudah dikeringkan, akan dianalisa menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Thermogravimetric Analysis* (TGA), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), dan *bomb calorimeter* untuk mengukur nilai kalor setelah dikeringkan. Untuk penjelasan mengenai hasil dari masing-masing analisa dapat dilihat pada sub bab berikutnya.

Untuk mengetahui *moisture content* awal dari serbuk kayu, serbuk kayu *starting material* dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60 °C sampai tidak terjadi perubahan massa pada serbuk kayu. Selanjutnya didapatkan *moisture content* serbuk kayu awal untuk kayu kamper sebagai berikut: kayu kamper sebesar $7,85 \pm 1,64\%$, kayu meranti sebesar $7,83 \pm 0,29\%$, dan kayu jati sebesar $16,87 \pm 4,51\%$. Selain itu, ukuran serbuk kayu yang akan dikeringkan juga disamakan yaitu dengan ukuran 10 mesh. Ukuran ini dianggap tidak terlalu besar dan cukup agar luas area interaksi antara serbuk kayu dengan DME cair menjadi semakin besar,

sehingga proses pengambilan air oleh DME cair berjalan lebih maksimal. Setelah massanya konstan, serbuk kayu yang telah dikeringkan disimpan di dalam plastik dan disimpan dalam desikator dengan *silica gel* untuk menjaga kelembaban dan memastikan agar serbuk kayu tidak menyerap air dari udara.

IV.1 Pengeringan serbuk kayu menggunakan Dimetil Eter Cair.

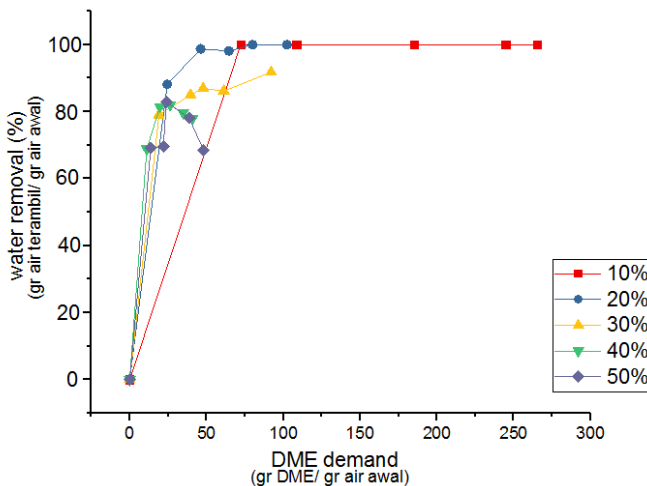
Pada pengeringan serbuk kayu menggunakan DME cair, digunakan rangkaian alat dan prosedur kerja menggunakan rangkaian alat DME seperti yang tercantum pada bab III. Serbuk kayu yang digunakan, yaitu kayu jati, meranti, dan kamper, yang sudah diayak sebelumnya dan sudah diseragamkan ukurannya yaitu sebesar 10 mesh. Pada percobaan ini variabel yang digunakan adalah *moisture content* dari masing-masing kayu yaitu 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Penentuan *moisture content* ini didapatkan dengan penambahan air (sesuai jumlah persentase) dari berat kering serbuk kayu. Selain itu juga dilakukan 5 kali DME *treatment*, dengan jumlah penggunaan DME cair yang semakin meningkat (dalam mL DME cair).

IV.1.1 Pengaruh variasi *moisture content* dan DME *treatment* terhadap % kandungan air awal yang hilang (% *water removal*) dan jumlah DME yang dibutuhkan (DME *demand*).

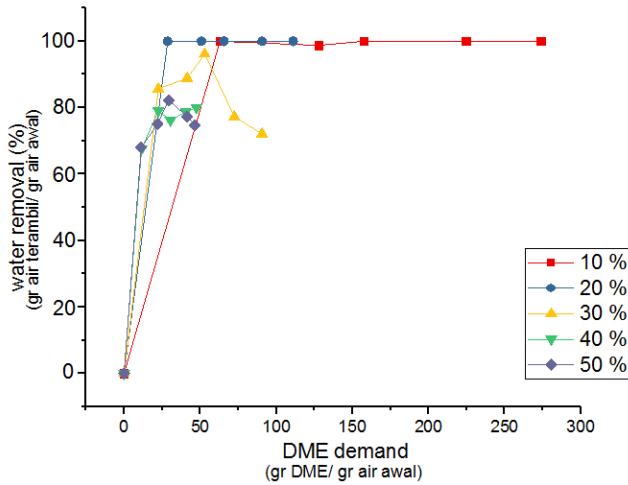
Gambar IV.1, Gambar IV.2, dan Gambar IV.3 menunjukkan perbandingan DME *demand* dan % *water removal* serbuk kayu setelah pengeringan menggunakan DME cair berturut turut untuk variabel serbuk kayu kamper, meranti, dan jati untuk kelima variabel *moisture content* dan lima penggunaan DME cair yang berbeda (10mL, 20mL, 30 mL, 40mL, dan 50 mL DME cair). Dari ketiga gambar tersebut terlihat bahwa serbuk kayu dengan *moisture content* 10% memiliki slope yang cenderung berbeda dibandingkan dengan *moisture content* 20%, 30%, 40%, dan 50%. Dimana serbuk kayu dengan *moisture content* 10% memiliki slope yang lebih kecil, yang artinya perbandingan % *water removal*

terhadap DME *demand* serbuk kayu dengan *moisture content* 10% lebih kecil bila dibandingkan dengan variabel *moisture content* 20%, 30%, 40%, dan 50%, yang cenderung memiliki slope yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa laju pengeringan serbuk kayu dengan *moisture content* 10% berjalan lebih lambat dibandingkan dengan variabel lainnya.

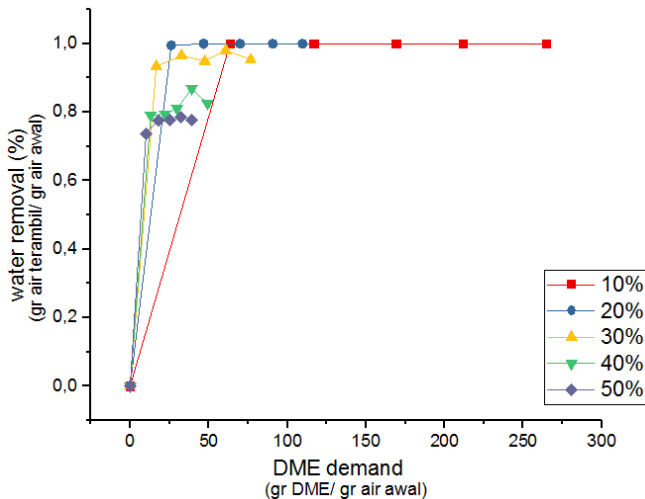
Dari ketiga gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa hasil % *water removal* maksimum yaitu sebesar 100% (banyak terdapat pada variabel *moisture content* serbuk kayu 10% dan 20%), dengan asumsi jika diatas 100% maka sisanya adalah massa komponen kayu yang ikut terbawa oleh DME cair. Untuk variabel *moisture content* serbuk kayu lain yang memiliki hasil % *water removal* di bawah 100% (terdapat pada variabel *moisture content* serbuk kayu 30%, 40%, dan 50%), diasumsikan jumlah komponen yang ikut terbawa oleh DME cair jauh lebih sedikit dibandingkan dengan variabel *moisture content* serbuk kayu 10% dan 20%. Sehingga dianggap hanya air yang terikat oleh DME cair, oleh karena jumlah komponen kayu yang sangat kecil.



Gambar IV.1 Grafik perbandingan DME *demand* dan % *water removal* serbuk kayu kamper setelah pengeringan menggunakan DME cair.



Gambar IV.2 Grafik perbandingan DME *demand* dan % *water removal* serbuk kayu meranti setelah pengeringan menggunakan DME cair.



Gambar IV.3 Grafik perbandingan DME *demand* dan % *water removal* serbuk kayu jati setelah pengeringan menggunakan DME cair.

Semua sampel serbuk kayu dalam keadaan terendam oleh DME cair selama percobaan berlangsung (selama 5 menit). Namun berdasarkan literatur, konsentrasi jenuh (*saturation concentration*) air dalam DME adalah 7,83% (w/w) pada suhu 30°C. Sedangkan pada suhu di ekstraktor yaitu 28,91°C, dengan konsentrasi jenuh air dalam DME adalah 7,395% (w/w). Hal ini menunjukkan bahwa DME cair mampu membawa air sejumlah maksimal 7,395% dari berat DME cair (H.Holldorff & Knapp H., 1988).

Tabel IV.1 Hasil % massa air yang terambil DME/massa DME cair yang digunakan (w/w) pada suhu 28,91°C.

| VARIABEL | | KAYU KAMPER | KAYU MERANTI | KAYU JATI |
|-----------------|--------------------------|--|--|--|
| MC (%) | DME <i>treatments</i> | %(w/w, massa air yang terambil DME/massa DME cair) | %(w/w, massa air yang terambil DME/massa DME cair) | %(w/w, massa air yang terambil DME/massa DME cair) |
| 10 | 1 | 1.61% | 1.75% | 2.61% |
| | 2 | 0.99% | 0.77% | 1.36% |
| | 3 | 0.58% | 0.74% | 0.85% |
| | 4 | 0.43% | 0.51% | 0.68% |
| | 5 | 0.40% | 0.43% | 0.53% |
| 20 | 1 | 3.61% | 3.50% | 3.81% |
| | 2 | 2.14% | 2.01% | 2.44% |
| | 3 | 1.52% | 1.65% | 1.76% |
| | 4 | 1.31% | 1.13% | 1.49% |
| | 5 | 1.00% | 0.93% | 0.98% |
| 30 | 1 | 4.15% | 3.80% | 5.63% |
| | 2 | 2.15% | 2.15% | 2.96% |
| | 3 | 1.82% | 1.82% | 2.00% |

| | | | | |
|----|---|-------|-------|-------|
| | 4 | 1.41% | 1.07% | 1.61% |
| | 5 | 1.00% | 0.80% | 1.24% |
| 40 | 1 | 6.19% | 5.91% | 6.09% |
| | 2 | 4.15% | 3.52% | 3.60% |
| | 3 | 3.11% | 2.50% | 2.73% |
| | 4 | 2.29% | 1.95% | 2.22% |
| | 5 | 1.91% | 1.69% | 1.68% |
| 50 | 1 | 5.06% | 6.05% | 7.31% |
| | 2 | 3.18% | 3.43% | 4.31% |
| | 3 | 3.48% | 2.81% | 3.09% |
| | 4 | 2.02% | 1.86% | 2.44% |
| | 5 | 1.42% | 1.60% | 1.98% |

Keterangan :

DME *treatments* :

- 1 = jumlah penggunaan DME cair \pm 10 mL
- 2 = jumlah penggunaan DME cair \pm 20 mL
- 3 = jumlah penggunaan DME cair \pm 30 mL
- 4 = jumlah penggunaan DME cair \pm 40 mL
- 5 = jumlah penggunaan DME cair \pm 50 mL

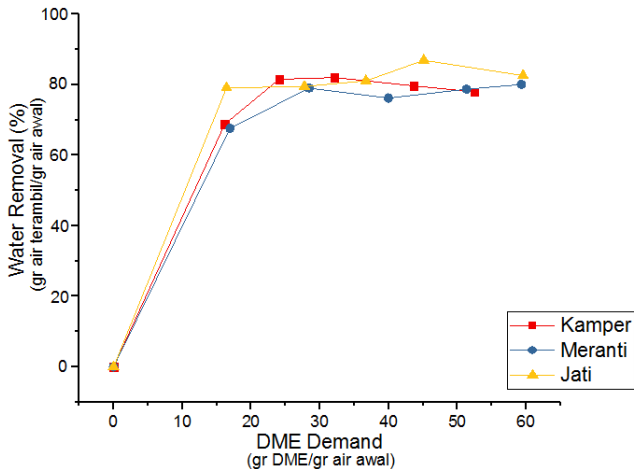
Dari **Tabel IV.1** diatas dapat diketahui bahwa persentase tertinggi yaitu pada pengeringan serbuk kayu jati dengan *moisture content* 50% pada DME *treatment* ke-1, yaitu sebesar 7,31%. Artinya, jumlah air yang terambil oleh DME cair massanya sebesar 7,31% dari massa DME yang digunakan. Hal ini membuktikan bahwa proses pengambilan air oleh DME cair masih belum mencapai nilai konsentrasi jenuh (*saturation concentration*) yaitu pada 7,395%, sehingga proses pengambilan air oleh DME cair masih bisa terjadi. Dari **Tabel IV.1** juga dapat terlihat bahwa semakin tinggi jumlah DME cair yang digunakan, persentase massa air yang terambil DME/massa DME cair yang digunakan

(w/w) (persentase kelarutan) semakin kecil. Hal ini dikarenakan, dengan menggunakan DME cair yang semakin banyak, jumlah air yang terambil oleh DME cair tidak mengalami perubahan yang signifikan atau cenderung konstan.

Dari tabel hasil % massa air yang terambil DME/massa DME cair yang digunakan (w/w) pada suhu 28,91°C, nilai yang terbesar terjadi pada serbuk kayu jati dengan *moisture content* 50% pada DME *treatment* ke-1. Pada kondisi tersebut digunakan DME cair sebanyak 13 mL (8,22198 gram) dan bisa membawa air sebanyak 0,6008 gram. Atau dengan kata lain sebanyak 8,22198 gram DME dapat membawa air sebanyak 0,6008 gr. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dibutuhkan penggunaan DME cair sebanyak 13,68505 gram untuk membawa/mengeringkan 1 gram air. Hasil ini menunjukkan jumlah minimum DME cair yang dapat digunakan untuk membawa/mengeringkan 1 gram air.

IV.1.2 Perbandingan % *water removal* dan DME *demand* ketiga jenis serbuk kayu.

Gambar IV.4 menunjukkan perbandingan DME *demand* dan % *water removal* serbuk kayu setelah pengeringan menggunakan DME cair dari ketiga jenis serbuk kayu. Dari gambar tersebut menunjukan bahwa slope perbandingan % *water removal* terhadap DME *demand* dari ketiga jenis serbuk kayu memiliki kecenderungan sama dan grafik hasil yang berhimpitan. Hal ini menunjukkan bahwa proses dan laju pengeringan dari ketiga jenis serbuk kayu untuk *moisture content* yang sama memiliki kecenderungan yang hampir sama.



Gambar IV.4 Grafik perbandingan DME *demand* dan % *water removal* dari ketiga jenis serbuk kayu pada *moisture content* 40% setelah pengeringan menggunakan DME cair.

IV.2 Pengeringan serbuk kayu menggunakan oven.

Selain melakukan percobaan pengeringan menggunakan DME cair, juga dilakukan percobaan pengeringan menggunakan oven pada temperatur 35°C. Temperatur ini dipilih karena sesuai dengan pengeringan di udara luar menggunakan panas matahari. Percobaan pengeringan menggunakan oven ini dilakukan untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk pengeringan dan nantinya dibandingkan dengan pengeringan menggunakan DME cair. **Tabel IV.2** menunjukkan hasil pengeringan serbuk kayu menggunakan oven pada temperatur 35°C.

Tabel IV.2 Hasil percobaan pengeringan serbuk kayu menggunakan oven.

| JENIS KAYU | MC (%) | Temperatur oven (°C) | Waktu yang diperlukan untuk pengeringan |
|-------------------|---------------|-----------------------------|--|
| Kayu Kamper | 10 | 35 | 1 jam 13 menit |
| Kayu Meranti | 10 | 35 | 57 menit |
| Kayu Jati | 10 | 35 | 2 jam |

IV.2.1 Perbandingan energi yang dibutuhkan untuk pengeringan.

Tabel IV.3 menunjukkan total energi dan biaya proses pengeringan serbuk kayu menggunakan oven. Dari tabel ini dapat dilihat bahwa waktu yang diperlukan untuk pengeringan serbuk kayu kamper, meranti, dan jati bervariasi, berkisar antara 1 – 2 jam. Waktu ini terdiri dari waktu kenaikan suhu oven sampai mencapai suhu yang diinginkan, waktu proses pengeringan, sampai mematikan oven.

Tabel IV.4 menunjukkan hasil pengeringan serbuk kayu menggunakan DME cair. Pada pengeringan ini, waktu yang diperlukan mulai dari waktu kenaikan suhu heater, proses pengeringan serbuk kayu, sampai mematikan heater disamakan untuk satu kali percobaan yaitu sekitar 30 menit. **Tabel IV.5** menunjukkan total biaya yang diperlukan, baik biaya listrik maupun biaya pembelian DME cair, untuk proses pengeringan serbuk kayu menggunakan DME cair.

Dari perbandingan kedua hasil metode pengeringan serbuk kayu yang telah dilakukan, berdasarkan waktu yang diperlukan untuk proses pengeringan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan DME cair untuk pengeringan serbuk kayu, dibandingkan dengan menggunakan oven, dapat menghemat energi yang diperlukan

hingga mencapai 280% - 700%. Dengan kata lain, pengeringan menggunakan DME cair tidak memerlukan energi tambahan. Selain itu terdapat penghematan biaya, baik biaya listrik maupun biaya pembelian bahan, apabila proses pengeringan dilakukan menggunakan DME cair, dibandingkan dengan menggunakan oven, dengan penghematan biaya mencapai 38,9% - 128,3%. Penghematan juga dapat lebih ditingkatkan apabila DME yang sudah digunakan di-*recycle* kembali. Akan tetapi pada penelitian ini *recycle* belum dilakukan.

Tabel IV.3 Total energi dan biaya proses pengeringan serbuk kayu menggunakan oven.

| JENIS KAYU | MC (%) | Daya oven (W) | Energi yang dibutuhkan (kJ) | Tarif listrik per kWh | Biaya listrik |
|--------------|--------|---------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|
| Kayu Kamper | 10 | 2000 | 8760 | Rp1,467.28 | Rp 3,570.48 |
| Kayu Meranti | 10 | | 6840 | | Rp 5,869.12 |
| Kayu Jati | 10 | | 14400 | | Rp 5,722.39 |

Tabel IV.4 Hasil percobaan pengeringan serbuk kayu menggunakan DME cair.

| JENIS KAYU | MC (%) | Temperatur heater (°C) | Waktu yang diperlukan untuk pengeringan | Daya heater (W) | Energi yang dibutuhkan (kJ) |
|--------------|----------|------------------------|---|-----------------|-----------------------------|
| Kayu Kamper | Semua MC | 39 | 30 menit | 1000 | 1800 |
| Kayu Meranti | | 39 | 30 menit | | 1800 |
| Kayu Jati | | 39 | 30 menit | | 1800 |

Tabel IV.5 Total biaya proses pengeringan serbuk kayu menggunakan DME cair.

| JENIS KAYU | Tarif listrik per kWh | Biaya listrik | Harga DME/kg | Biaya DME | Total biaya listrik + DME |
|--------------|-----------------------|---------------|--------------|------------|---------------------------|
| Kayu Kamper | Rp1,467.28 | Rp733.64 | Rp17,500.00 | Rp1,837.50 | Rp2,571.14 |
| Kayu Meranti | | Rp733.64 | | Rp1,837.50 | Rp2,571.14 |
| Kayu Jati | | Rp733.64 | | Rp1,837.50 | Rp2,571.14 |

IV.3 Hasil Analisa Bomb Kalorimeter

Metode analisa Bomb Kalorimeter dilakukan untuk mengetahui nilai kalor dari serbuk kayu sebelum dan sesudah pengeringan. Pada analisa Bomb Kalorimeter ini, nilai yang keluar adalah dalam bentuk HHV (*Higher Heating Value*). Dari **Tabel IV.6** dapat diketahui bahwa nilai kalor dari ketiga jenis serbuk

kayu meningkat setelah dikeringkan menggunakan DME cair. Dapat dilihat pula, nilai kalor terbesar dimiliki serbuk kayu kamper dan nilai kalor terkecil dimiliki serbuk kayu jati. Hal ini dikarenakan *moisture content* awal (sebelum pengeringan) serbuk kayu jati lebih besar daripada serbuk kayu kamper dan meranti. Sehingga dapat disimpulkan, semakin tinggi *moisture content* awal dari serbuk kayu maka nilai kalornya akan semakin kecil. Selain itu, pengeringan *wood biomass* serbuk kayu menggunakan DME cair dapat meningkatkan nilai kalor (*heating value*) serbuk kayu tersebut, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif pengganti batu bara.

Tabel IV.6 Hasil Analisa Bomb Kalorimeter Serbuk Kayu Sebelum dan Sesudah Pengeringan Menggunakan DME Cair.

| No. | Nama Sampel | Metode Uji | Hasil (kJ/kg) | |
|-----|----------------------|------------------|----------------------|----------------------|
| | | | Sebelum Pengeringan. | Sesudah Pengeringan. |
| 1 | Serbuk kayu kamper. | Bomb Calorimeter | 17136,56 | 18296,32 |
| 2 | Serbuk kayu meranti. | | 16052,18 | 17622,24 |
| 3 | Serbuk kayu jati. | | 16981,65 | 17735,28 |

IV.4 Hasil Analisa Spektrofotometer UV-Vis

Metode analisa spektrofotometri menggunakan alat Spektrofotometer UV-Vis ini bertujuan untuk mengetahui komponen-komponen kayu yang ikut terekstrak/terbawa bersama air oleh DME cair. Metode analisa spektrofotometri yang dilakukan adalah *scanning* panjang gelombang dalam rentang panjang gelombang yang diuji antara 190 nm – 500 nm, yang hasilnya ditunjukkan pada **Gambar IV.9**, **Gambar IV.10**, dan **Gambar IV.11**.

Berdasarkan literatur yang didapatkan, karakterisasi senyawa lignin dengan spektroskopi Uv-Vis menunjukkan adanya puncak pada panjang gelombang 283 nm dan 340 nm. Dalam hal ini yang dimaksud adalah lignin tidak terlarut asam (lignin Klason) (Arofah, 2010).

Selama ini metode klason merupakan prosedur penentuan lignin yang paling umum digunakan. Penentuan kadar lignin dengan metode Klason menghasilkan lignin tidak terlarut asam (lignin Klason) dan lignin terlarut asam. Kadar lignin Klason dan lignin terlarut asam tersebut bervariasi bergantung pada jenis kayu dan metode yang digunakan (Sibuea, 2013).

Berdasarkan literatur yang didapatkan, prosedur umum untuk menentukan lignin terlarut asam dengan spektroskopi Uv-Vis menunjukkan adanya puncak pada panjang gelombang 205 dan 208 nm, dimana nilai absorbansi yang hampir sama diperoleh pada pengukuran pada panjang gelombang tersebut. Oleh karena itu, dalam prosedur penentuan lignin terlarut asam digunakan metode pengukuran dengan panjang gelombang 205 dan 208 nm (Rachmalia, 2009).

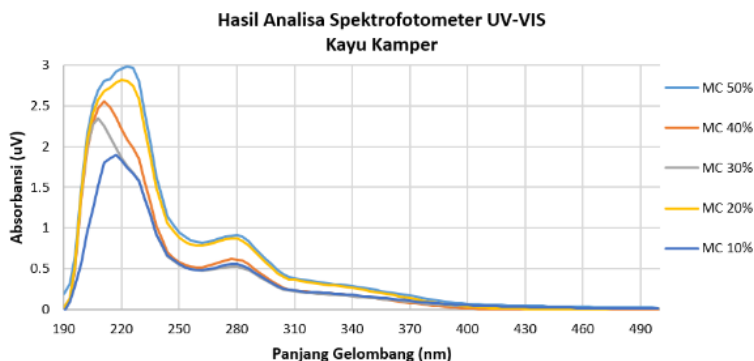
Pengujian mengenai penyerapan dan transmisi cahaya dari film-film tang terbuat dari selulosa palmitat, selulosa benzoat, selulosa triasetat, serta hemiselulosa dihasilkan bahwa nilai absorbansi yang cukup tinggi terdapat pada panjang gelombang antara 190 nm dan 380 nm (Riswoko, 2005).

Sedangkan pengujian aktivitas enzim xylanase menggunakan substrat xylan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 550 nm (Solikhatiningsih, 2014).

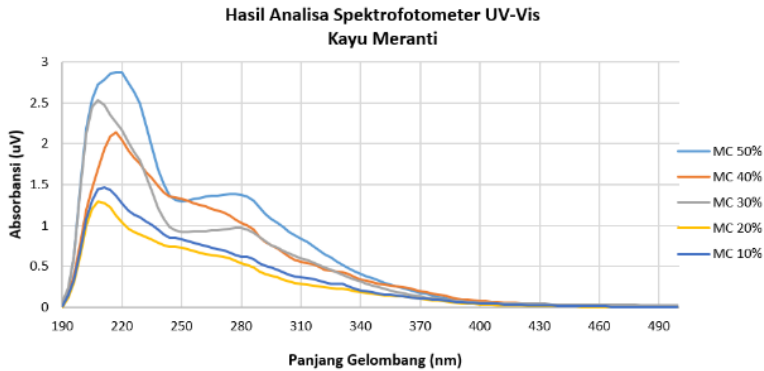
Gambar IV.5 menunjukkan hasil analisa Spektrofotometer UV-Vis untuk kayu kamper hasil pengeringan menggunakan DME cair untuk berbagai variabel *moisture content*. Dari grafik menunjukkan bahwa terdapat dua titik puncak absorbansi yaitu pada panjang gelombang sekitar 208 – 223 nm, dan pada panjang gelombang 280 nm. **Gambar IV.6** menunjukkan hasil analisa Spektrofotometer UV-Vis untuk kayu meranti hasil

pengeringan menggunakan DME cair untuk berbagai variabel *moisture content*. Dari grafik menunjukkan bahwa terdapat dua titik puncak absorbansi yaitu pada panjang gelombang sekitar 208 – 217 nm, dan pada panjang gelombang 280 nm. **Gambar IV.7** menunjukkan hasil analisa Spektrofotometer UV-Vis untuk kayu jati hasil pengeringan menggunakan DME cair untuk berbagai variabel *moisture content*. Dari grafik menunjukkan bahwa terdapat dua titik puncak absorbansi yaitu pada panjang gelombang sekitar 202 – 208 nm, dan pada panjang gelombang 250 nm.

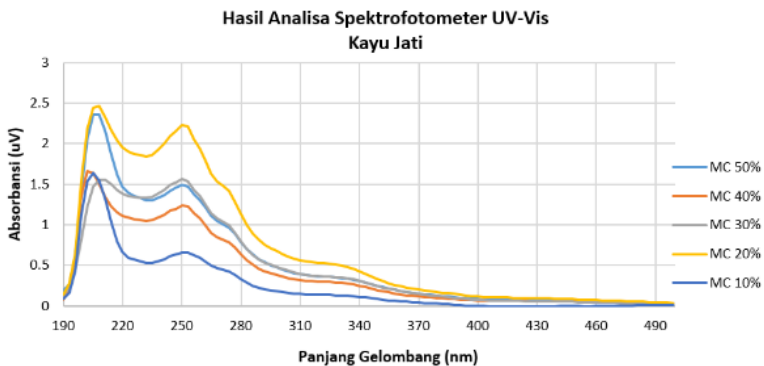
Dari ketiga gambar tersebut menunjukkan bahwa selain air terdapat beberapa komponen kimia yang ikut terekstrak yaitu senyawa lignin yang terdiri dari lignin klason dan lignin terlarut asam. Selanjutnya dari hasil analisa juga menunjukkan nilai absorbansi yang cukup tinggi pada rentang panjang gelombang 190 nm – 380 nm. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat senyawa selulosa dan hemiselulosa yang juga tereskrak/terambil bersama air oleh DME cair. Sementara itu berdasarkan hasil analisa sesuai dengan panjang gelombang yang didapatkan dari literatur dapat disimpulkan pula bahwa tidak terdapat senyawa xylan pada ekstrak air, dikarenakan pada panjang gelombang diatas 500 nm sampai maksimal 1100 nm tidak terdapat titik puncak panjang gelombang.



Gambar IV.5 Grafik hasil analisa Spektrofotometer UV-Vis untuk kayu kamper hasil pengeringan



Gambar IV.6 Grafik hasil analisa Spektrofotometer UV-Vis untuk kayu meranti hasil pengeringan menggunakan DME cair.



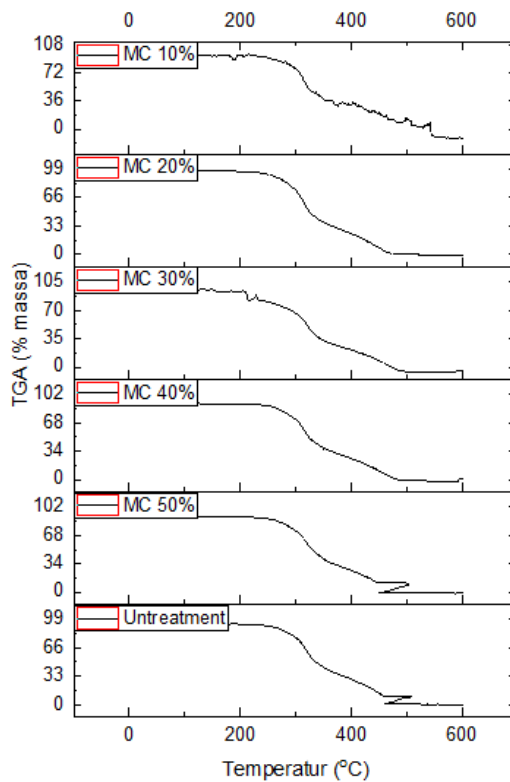
Gambar IV.7 Grafik hasil analisa Spektrofotometer UV-Vis untuk kayu jati hasil pengeringan menggunakan DME cair.

IV.5 Hasil Analisa TGA

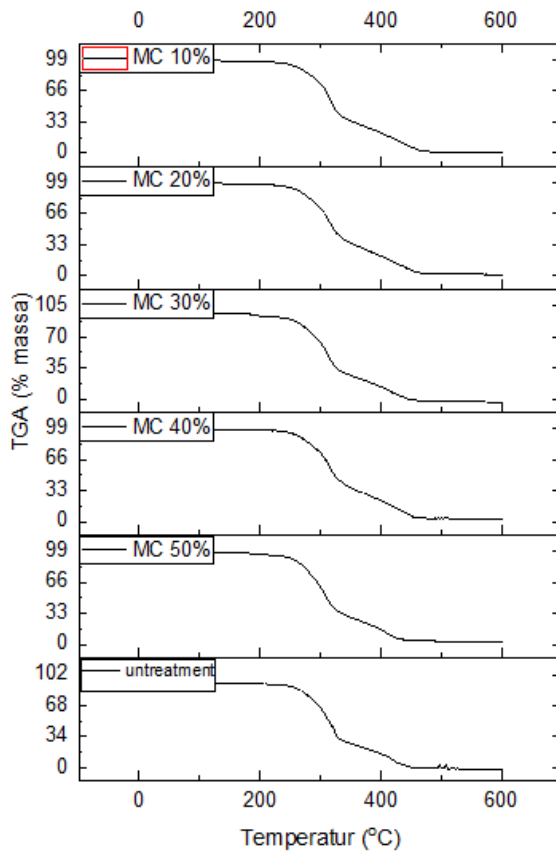
Thermogravimetric Analysis (TGA) merupakan suatu teknik mengukur perubahan jumlah dan laju dalam berat dari material sebagai fungsi dari temperatur atau waktu dalam atmosfer yang terkontrol. Pengukuran digunakan untuk menentukan komposisi material dan memprediksi stabilitas termalnya pada

temperatur mencapai 1000°C. Teknik ini dapat mengkarakterisasi material yang menunjukkan kehilangan atau penambahan berat akibat dekomposisi, oksidasi, atau dehidrasi. Teknik ini sesuai untuk berbagai macam material padat termasuk material organik maupun inorganik (Kadine, 2010).

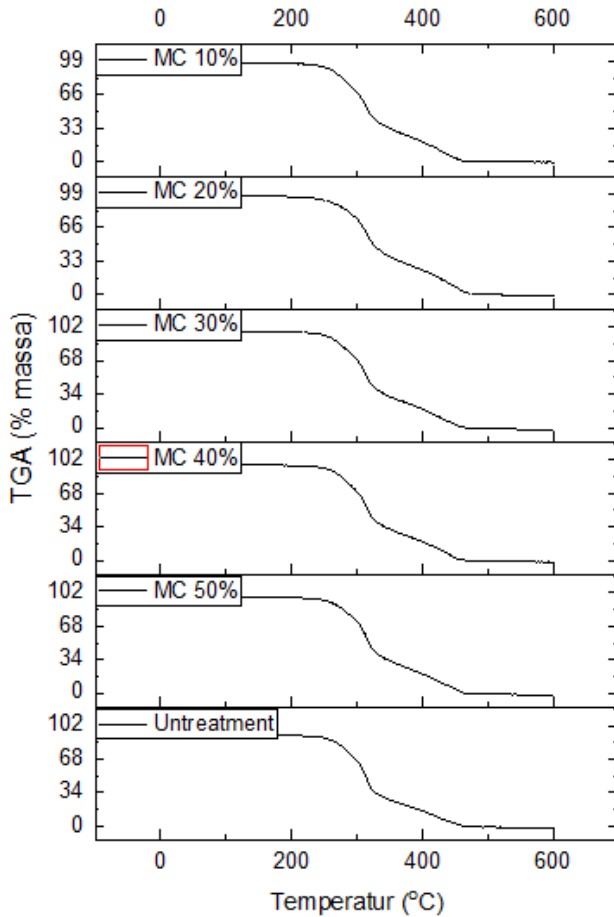
Analisa TGA ini dilakukan pada 3 variabel serbuk kayu. Masing masing jenis serbuk kayu dianalisa untuk masing masing *moisture content*, yaitu untuk *moisture content* 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% setelah pengeringan. Analisa juga dilakukan pada serbuk kayu *untreatment* atau serbuk kayu yang tidak dilakukan *treatment* sama sekali. Selain itu juga dilakukan analisa TGA pada sampel lignin, cellulosa dan xylan murni (standar) sebagai perbandingan. Pada analisa TGA ini, digunakan gas oksigen dan nitrogen. Suhu maksimal yang digunakan adalah 600°C dan kenaikan suhu 10°C per menit. **Gambar IV.8, IV.9, dan IV.10** adalah gambar hasil analisa TGA masing-masing jenis serbuk kayu.



Gambar IV.8 Hasil Analisa TGA pada Kayu Kamper.



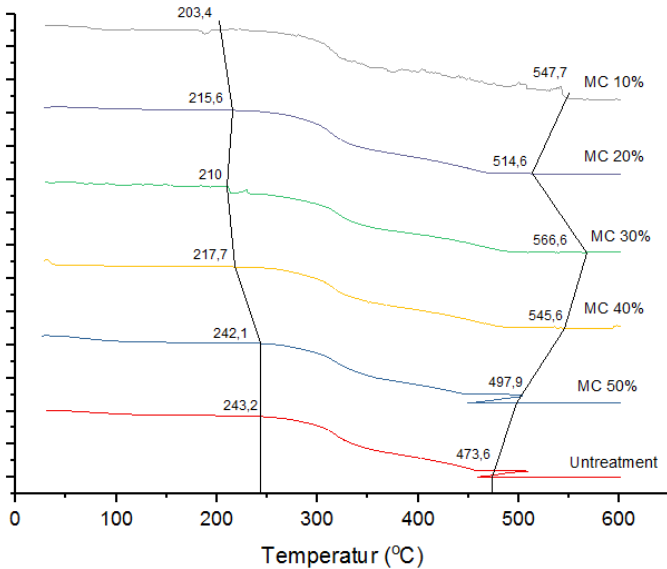
Gambar IV.9 Hasil Analisa TGA pada Kayu Meranti.



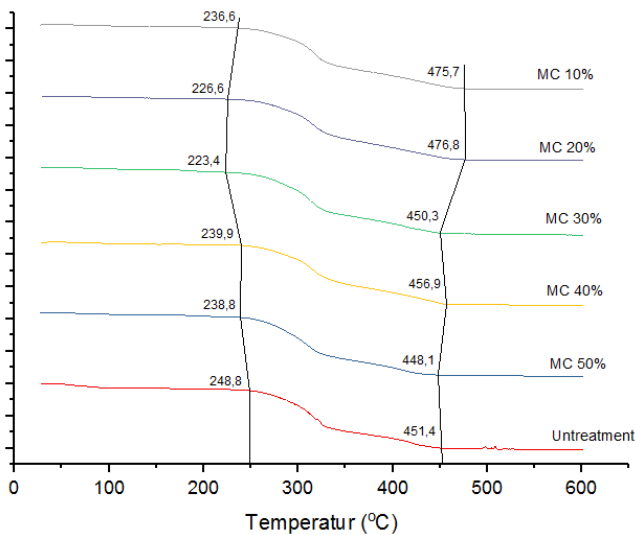
Gambar IV.10 Hasil Analisa TGA pada Kayu Jati.

Dilihat dari ketiga gambar diatas, pada masing masing sampel serbuk kayu, menunjukkan kecenderungan hasil yang hampir sama pada masing masing *moisture content*. Untuk beberapa sampel terdapat *noise* pada data hasil analisa, hal ini dikarenakan terjadinya reaksi antara bahan dengan gas yang

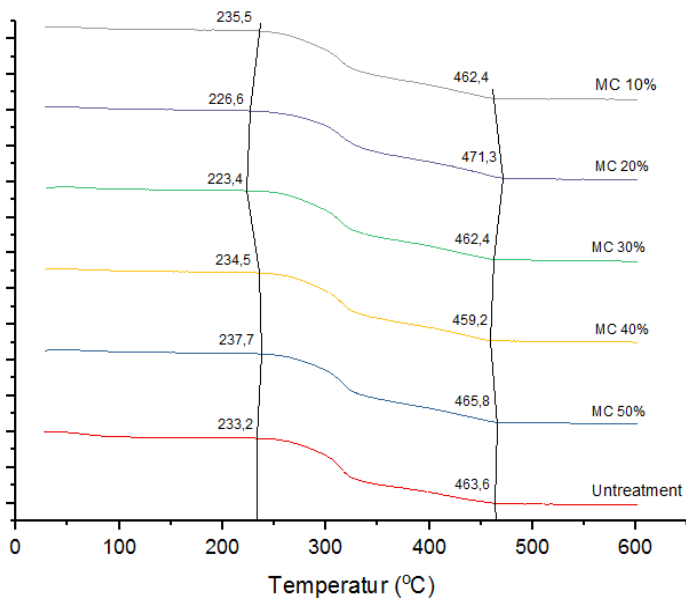
digunakan. *Noise* ini juga dapat terjadi karena massa *pan* kurang konstan pada awalnya ataupun peletakkan sampel yang terlalu banyak pada *pan*.



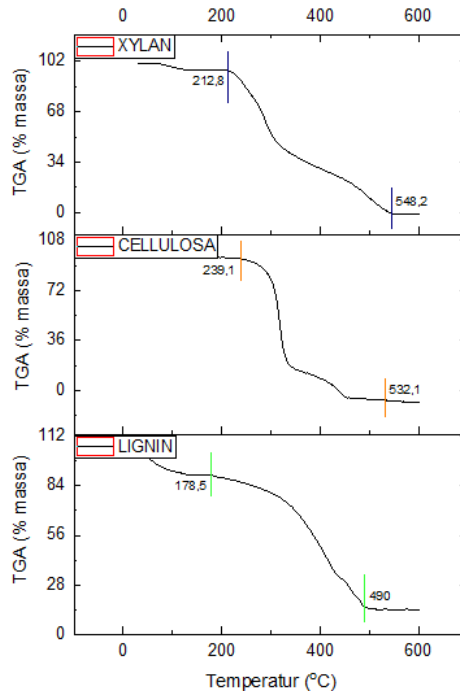
Gambar IV.11 Perbandingan Hasil Analisa TGA pada Kayu Kamper.



Gambar IV.12 Perbandingan Hasil Analisa TGA pada Kayu Meranti.



Gambar IV.13 Perbandingan Hasil Analisa TGA pada Kayu Jati.



Gambar IV.14 Hasil Analisa Lignin, Cellulosa dan Xylan murni.

Dari hasil analisa TGA pada sampel serbuk kayu, terlihat bahwa pengurangan massa terjadi pada kisaran suhu 220°C. Apabila dibandingkan dengan grafik TGA pada lignin, cellulosa dan xylan terlihat bahwa pengurangan massa awalnya terjadi karena adanya pembakaran yang menyebabkan lignin dan xylan terdekomposisi. Hal ini terlihat dari **gambar IV.18** yang menunjukkan bahwa sampel lignin mengalami pengurangan massa pada suhu 178,5 °C, sedangkan pada xylan 212,8 °C dan pada cellulosa 239,1 °C. Dekomposisi dari hemiselulosa dan cellulosa terjadi saat proses pirolisis aktif, sedangkan Lignin terurai pada dua jenis *stage*, yakni pirolisis aktif dan pirolisis pasif. (Slopiecka, 2011)

Massa sampel terus mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena adanya dekomposisi pada cellulosa yang terjadi

pada suhu kisaran 250°C. Massa sampel juga terus menurun karena adanya residu dari sisa pembakaran yang juga terus mengalami dekomposisi dan menguap. Pengurangan massa keseluruhan ini disebabkan terjadinya reaksi eksotermis yang terjadi pada suhu kisaran 200°C hingga 550°C. Unsur pokok dari kayu kamper ini adalah selulosa, untuk titik terendah dari proses ini menunjukkan adanya penguapan dari bahan-bahan volatil. (Nassar, 1996)

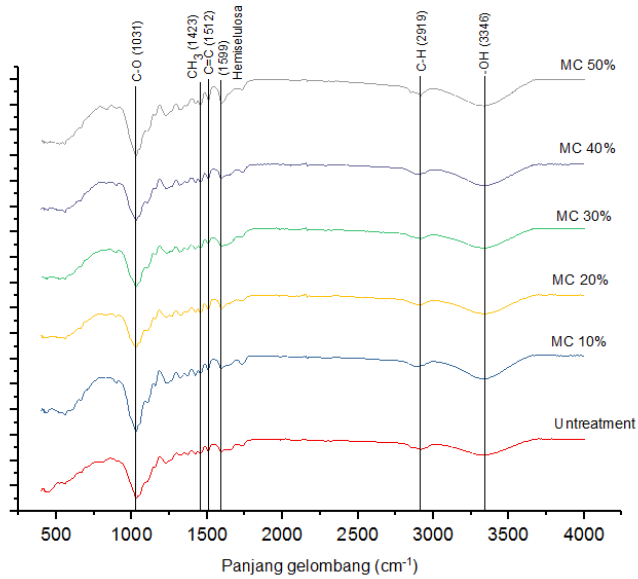
Dari perbandingan hasil sampel antara yang tidak mengalami *treatment* (*untreatment*) dengan yang mengalami *treatment* (variabel *moisture content*) pengeringan dengan menggunakan DME cair menunjukkan tidak adanya perubahan material berdasarkan fungsi temperatur dan waktu.

IV.6 Hasil Analisa FTIR.

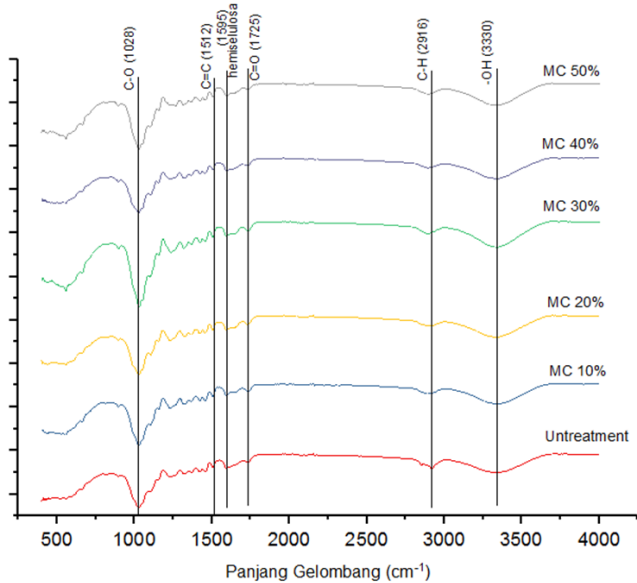
Analisa *Fourier Transform Infrared* (FTIR) adalah analisa yang digunakan untuk menentukan struktur senyawa organik. Bila suatu senyawa diradiasi menggunakan sinar inframerah, maka sebagian sinar akan diserap oleh senyawa, sedangkan yang lainnya akan diteruskan. Penyerapan ini berhubungan dengan adanya sejumlah vibrasi yang terkuantisasi dari atom-atom yang berikatan secara kovalen pada molekul-molekul itu. Penyerapan ini juga berhubungan dengan adanya perubahan momen dipol dari ikatan kovalen pada waktu terjadinya vibrasi (Bassler, 1996).

Daerah panjang gelombang yang digunakan pada alat spektroskopi inframerah adalah pada daerah inframerah pertengahan, yaitu pada panjang gelombang 2,5 – 50 μm atau pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} . Daerah tersebut cocok untuk perubahan energi vibrasi dalam molekul (Silverstein, 2002).

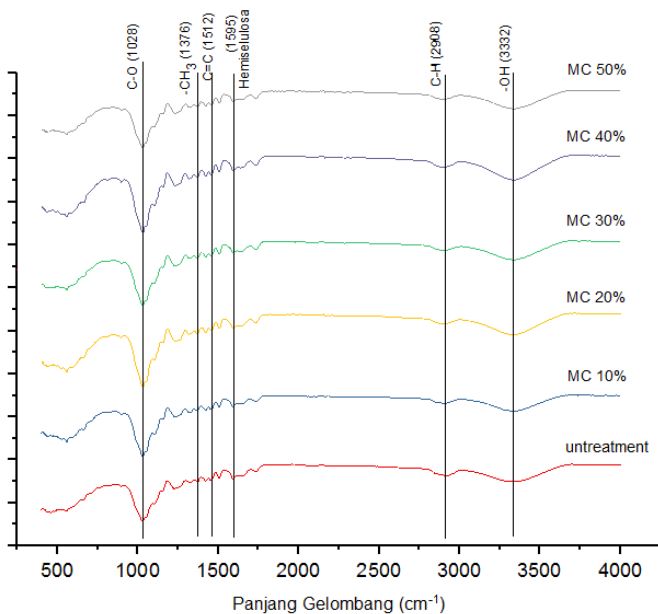
Gambar IV.15, IV.16, dan IV.17 dibawah ini adalah hasil analisa FTIR pada 3 jenis serbuk kayu yaitu kayu kamper, kayu meranti dan kayu jati.



Gambar IV.15 Hasil Analisa FTIR pada Kayu Kamper.



Gambar IV.16 Hasil Analisa FTIR pada Kayu Meranti.



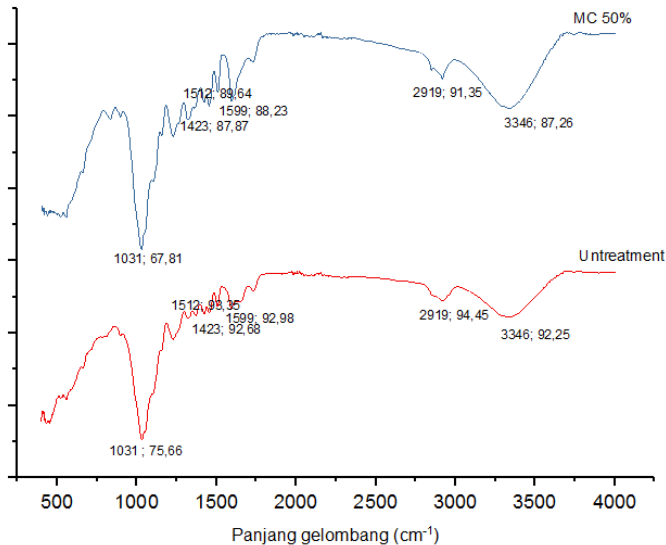
Gambar IV.17 Hasil Analisa FTIR pada Kayu Jati.

Dilihat dari ketiga jenis kayu yang telah diuji, ketiga kayu mengandung lignin, selulosa dan hemiselulosa. Puncak lembah berada pada beberapa panjang gelombang. Puncak lembah terbesar terjadi pada panjang gelombang 1025-1031 cm⁻¹. Panjang gelombang tersebut menunjukkan adanya ikatan C-O. Sampel Lignin menunjukkan karakteristik unit guaiasil dengan adanya vibrasi C-O (1231 cm⁻¹, cincin guaiasil dan 1031 cm⁻¹ menunjukkan adanya deformasi inplane C-H) (Arafah, 2009).

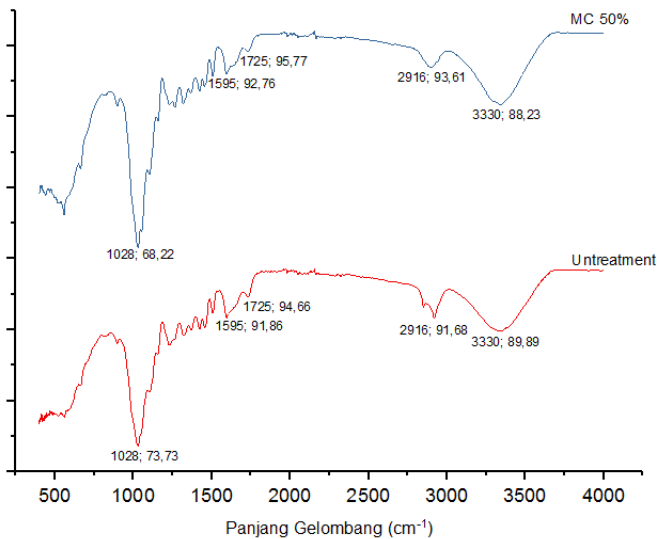
Panjang gelombang 1376-1423 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan CH₃ dan panjang gelombang 1512 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan C=C pada sampel kayu. Adanya ikatan C=C menunjukan bahwa pada sampel kayu yang diuji mengandung lignin (Mizi Fan, 2012).

Pada panjang gelombang 1595-1599 cm⁻¹ menunjukkan adanya hemiselulosa pada sampel kayu yang diuji. Puncak yang berbentuk lebar terjadi pada panjang gelombang 2908-2919 cm⁻¹ dan 3330-3346 cm⁻¹. Panjang gelombang 3330-3346 cm⁻¹ dan

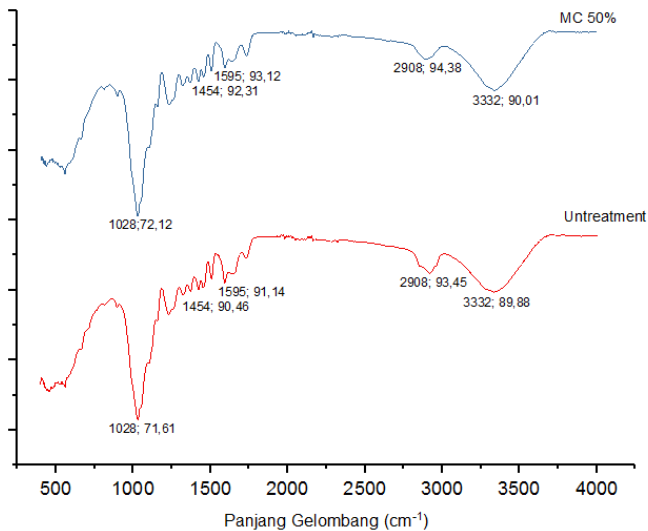
2908-2919 cm^{-1} berturut-turut menunjukkan keberadaan gugus –OH dan C-H. Kedua gugus tersebut merupakan gugus fungsi utama pembentuk selulosa (Vivi Ayu, 2009).



Gambar IV.18 Hasil Perbandingan Analisa Kayu Kamper *Untreatment* dan MC 50%.



Gambar IV.19 Hasil Perbandingan Analisa Kayu Meranti *Untreatment* dan MC 50%.

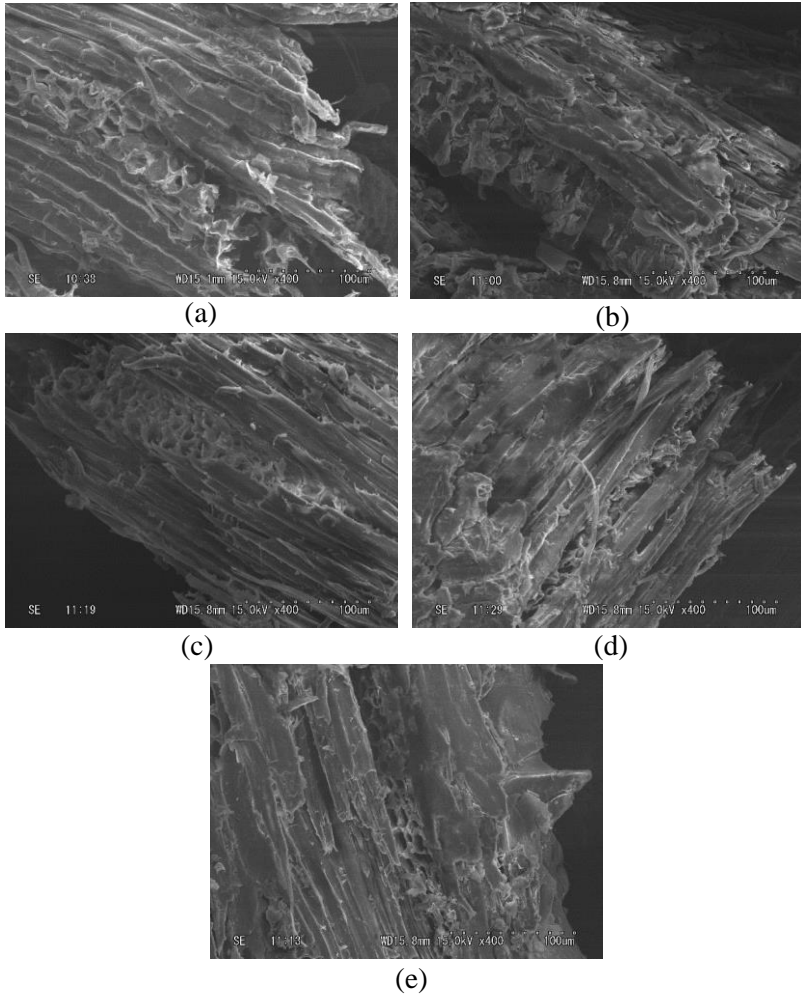


Gambar IV.20 Hasil Perbandingan Analisa Kayu Jati *Untreatment* dan MC 50%.

Berdasarkan perbandingan hasil pengujian dengan menggunakan analisa FTIR pada sampel kayu *untreatment* dengan sampel kayu MC 50% yang telah dikeringkan dengan menggunakan DME cair, terlihat kandungan C-O mengalami perubahan konsentrasi. Dan dilihat pada ikatan yang merupakan struktur pembentuk lignin, kandungan lignin dalam kayu kamper mengalami pengurangan. Pada ikatan selulosa yakni pada panjang gelombang 2908-2919 cm^{-1} dan panjang gelombang 3330-3346 cm^{-1} , kandungan selulosa dalam kayu yang telah dikeringkan, mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan sebagian telah terikut bersama dengan DME cair.

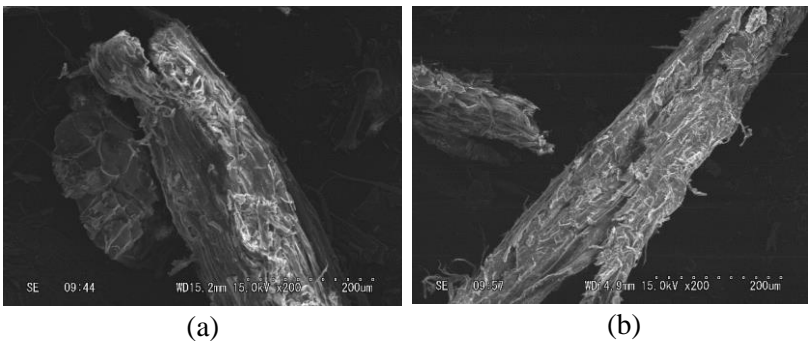
IV.7 Hasil Analisa SEM.

Gambaran mikrostruktur permukaan serbuk kayu kamper, meranti, dan jati dilakukan berdasarkan karakteristik SEM untuk mengetahui morfologi permukaan serbuk kayu sebelum dan sesudah proses pengeringan menggunakan DME cair. Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar IV.21** yaitu hasil analisa SEM serbuk kayu kamper sebelum dan sesudah pengeringan untuk variabel *untreatment* dan MC 10%, 30%, dan 50%, terlihat bahwa tidak terjadi perubahan struktur matriks sel awal dari serbuk kayu sebelum dan sesudah proses pengeringan. Hal ini dikarenakan dalam proses pengeringan ini menggunakan DME cair, tidak menggunakan bahan pelarut organik lain seperti etanol, methanol, kloroform, dan lain-lain. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu dari literatur yang didapatkan, bahwa penggunaan DME cair untuk ekstraksi dibandingkan dengan pelarut organik, tidak mengakibatkan perubahan dan gangguan pada struktur sel sampel. Bentuk awal dari sel akan tetap dan tidak mengalami perubahan, namun hanya terbentuk celah di antara sel-sel (Hoshino et al., 2016).



Gambar IV.21 Morfologi Hasil Analisa SEM Serbuk Kayu Kamper Perbesaran 400X; (a) *starting material untreatment* sebelum pengeringan; (b) *Untreatment* setelah pengeringan; (c) Variabel MC 10% setelah pengeringan; (d) Variabel MC 30% setelah pengeringan; (e) Variabel MC 50% setelah pengeringan.

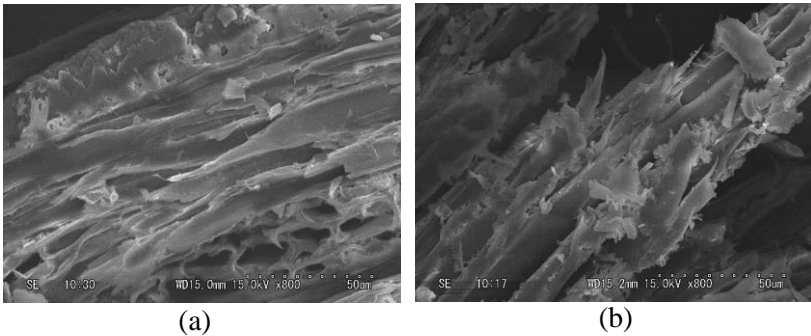
Gambar IV.21 (a) menunjukkan morfologi *starting material* serbuk kayu kamper sebelum dikeringkan. Terlihat bahwa struktur morfologi permukaannya masih dalam keadaan yang rapi dan teratur. **Gambar IV.21** (b) menunjukkan bahwa struktur morfologi kayu kamper *untreatment* setelah pengeringan mulai terurai dan terlihat tidak rapi seperti sebelumnya. Tetapi bentuk awal serbuk kayu tidak mengalami perubahan. **Gambar IV.21** (c), (d), dan (e) menunjukkan serbuk kayu dengan *moisture content* (MC) 10%, 30%, dan 50% setelah dikeringkan. Terlihat bahwa warna dari morfologi serbuk kayu tersebut lebih gelap dibandingkan dengan **Gambar IV.21** (b), karena masih mengandung air yang belum terserap oleh DME cair. Selain itu juga dibandingkan dengan serbuk kayu *untreatment* sebelum dikeringkan. Semakin tinggi MC serbuk kayu maka semakin gelap warnanya karena masih mengandung lebih banyak air yang belum terserap oleh DME cair.



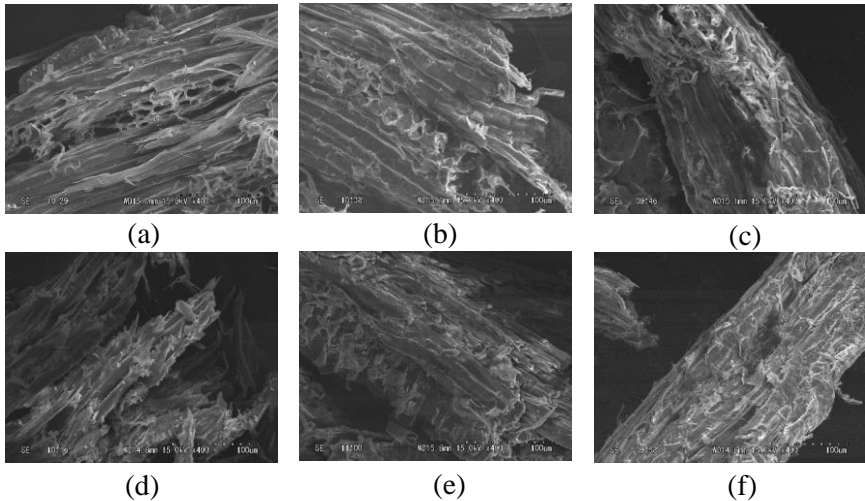
Gambar IV.22 Morfologi Hasil Analisa SEM Serbuk Kayu Meranti Perbesaran 200X; (a) *starting material untreatment* sebelum pengeringan; (b) *Untreatment* setelah pengeringan.

Gambar IV.22 (a) menunjukkan struktur morfologi *starting material* serbuk kayu meranti sebelum dikeringkan.

Terlihat bahwa struktur morfologi awal sel kau secara keseluruhan tidak terjadi perubahan, hanya terjadi perubahan struktur pada permukaan serbuk kayu setelah dikeringkan. Pada **Gambar IV.22** (b) terlihat bahwa struktur permukaan serbuk kayu meranti setelah dikeringkan sudah sedikit terurai dan menjadi lebih berantakan dan tidak teratur, dikarenakan sampel serbuk kayu yang sudah kering. Warna dari morfologi serbuk kayu tersebut pun lebih terang dibandingkan sebelum dikeringkan. Hal yang sama juga dapat diamati pada kayu kamper dan jati.



Gambar IV.23 Morfologi Hasil Analisa SEM Serbuk Kayu Jati Perbesaran 800X; (a) *starting material untreatment* sebelum pengeringan; (b) *Untreatment* setelah pengeringan.



Gambar IV.24 Perbandingan morfologi hasil analisa SEM ketiga jenis serbuk kayu perbesaran 400X.

Gambar IV.24 menunjukkan perbandingan morfologi ketiga jenis kayu yaitu kamper, meranti, dan jati, sebelum dan sesudah dilakukan pengeringan menggunakan DME cair. Dapat terlihat bahwa morfologi matriks sel dan bentuk awal serbuk kayu dari ketiga jenis kayu sebelum dan sesudah proses pengeringan tidak mengalami perubahan. Hanya berubah pada struktur morfologi permukaan dari sel serbuk kayu yang menjadi tidak teratur dan terurai setelah dikeringkan.

Analisa SEM pada serbuk kayu sebelum dan sesudah pengeringan menggunakan DME cair ini dilakukan untuk membuktikan bahwa proses pengeringan menggunakan DME cair tidak menyebabkan kerusakan dan perubahan mikrostruktur dari serbuk kayu apabila dibandingkan dengan bahan kimia (pelarut) lainnya seperti kloroform, etanol, dan metanol serta membuktikan pula bahwa DME cair merupakan media pengeringan yang baik untuk mengeringkan serbuk kayu. Selain itu dengan menggunakan alat SEM ini dapat terlihat lebih jelas gambaran mikrostruktur

serbuk kayu dengan perbesaran yang besar dan ukuran serbuk kayu yang lebih kecil (mikron) bila dibandingkan dengan hanya menggunakan citra hasil foto biasa atau dengan menggunakan mikroskop biasa.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan dimetil eter cair (DME cair) dapat mengurangi kadar air yang terkandung dalam material *wood biomass* yaitu serbuk kayu kamper, meranti, dan jati.
2. Dengan berkurangnya kadar air dalam serbuk kayu maka *heating value* dari serbuk kayu juga meningkat, dibuktikan dengan hasil analisa yang telah dilakukan dengan kenaikan *heating value* untuk masing-masing serbuk kayu sebesar 1159,76 kJ/kg ; 1570,06 kJ/kg ; dan 753,63 kJ/kg untuk masing-masing berturut-turut serbuk kayu kamper, meranti, dan jati.
3. Dalam hasil pengeringan serbuk kayu menggunakan DME cair, tidak hanya air yang terambil oleh DME cair, tetapi juga komponen-komponen yang terkandung dalam kayu tersebut, antara lain adalah lignin Klason, lignin terlarut asam, selulosa, dan hemiselulosa, yang diketahui dari hasil analisa menggunakan alat Spektrofotometer UV-Vis.
4. Proses pengeringan *wood biomass* serbuk kayu kamper, meranti, dan jati menggunakan DME cair tidak menyebabkan perubahan pada struktur matriks dan bentuk awal dari sel serbuk kayu, hanya terjadi perubahan warna dan sedikit perubahan pada struktur permukaan serbuk kayu.
5. Penggunaan DME cair untuk pengeringan serbuk kayu, dibandingkan dengan penggunaan oven, dapat menghemat energi yang diperlukan hingga mencapai 280% - 700%, selain itu juga terdapat penghematan biaya sebesar 38,9% - 128,3%.

V.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disarankan untuk peneliti selanjutnya :

1. Dalam proses pengeringan menggunakan DME cair, dicoba untuk menggunakan DME cair untuk rentang 0 – 10 mL.
2. Menyimpan sampel serbuk kayu yang telah dikeringkan dalam tempat yang tidak lembab agar tidak mempengaruhi keadaan sampel.
3. Pada 5 kali DME *treatments* menggunakan sampel yang sama (tetap) sehingga bisa diketahui titik jenuh pengeringan serbuk kayu dan bisa dibandingkan dengan grafik pengeringan kayu.

DAFTAR PUSTAKA

- Arofah, Vivi Ayu Munas & Ersam, Taslim, Prof. Dr. (2010). *Peningkatan Kualitas Kayu Instia Bijuga: Kajian Senyawa Lignin*. Surabaya : Jurusan Kimia FMIPA ITS
- Bettelheim, F. A., Brown, W. H., Campbell, M. K., Farrell, S. O., & Torres, O. J. (2010). *Introduction to Organic and Biochemistry* (Eight Edit). Brooks/Cole Cengage Learning.
- Brown, W. H., Foote, C. S., Iverson, B. L., & Anslyn, E. V. (2009). *Organic Chemistry* (Fifth). Brooks/Cole Cengage Learning.
- Cheremisinoff, N. P. (2003). *Industrial Solvents Handbook* (Second Edi). New York: Marcel Dekker, Inc.
- EFSA. (2015). Scientific Opinion on the safety of use of dimethyl ether as an extraction solvent under the intended conditions of use and the proposed maximum residual limits. *EFSA Journal*, 13(7), 4174. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4174>
- Eltringham, W., & Catchpole, O. J. (2007). Relative permittivity measurements of gaseous, liquid, and supercritical dimethyl ether. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 52(2), 363–367. <https://doi.org/10.1021/je060283w>
- Fan, Mizi., Dai, Dasong., Huang, Biao. (2012). *Fourier Transform Infrared Spectroscopy for Natural Fibres*. Croatia : InTech Europe University Campus STeP Ri.
- Gas Encyclopedia by Air Liquide, (2016)
- Holldorff, H., & Knapp, H. (1988). *Binary vapor-liquid-liquid equilibrium of dimethyl ether-water and mutual solubilities of methyl chloride and water: experimental results and data reduction*. *Fluid Phase Equilibria*, 44, 195–209. [https://doi.org/10.1016/0378-3812\(88\)80111-0](https://doi.org/10.1016/0378-3812(88)80111-0)
- Hoshino, Rintaro., Murakami, Kazuya., Wahyudiono., Machmudah, Siti., Okita, Yuji., Ohashi, Eiji., Kanda, Hideki., Goto, Motonobu. (2016). *Economical Wet*

- Extraction of Lipid from labyrinthula Aurantiochytrium limacinum by Using Liquefied Dimethyl Ether.* Nagoya, Jepang : Nagoya University Departement of Chemical Engineering.
- Jonassen, Ola. (2008). *Energi Pengeringan Efisien dan Dewatering Teknologi.* Badan Energi Nasional Industri Energi Terkait Teknologi dan Sistem (IETS).
- Kadine, Mohamed. (2010). *Thermogravimetric Analysis Theory, Operation, Calibration, and Data Interpretation.* Thermal Application Chemist, TA Instrument.
- Kanda, Hideki dan Makino, Hisao. (2010). *Energy-efficient Coal Dewatering Using Liquefied Dimethyl Ether.* Jepang : Energy Engineering Research Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI)
- Machmudah, Siti., Hoshino, Rintaro., Wahyudiono., Kanda, Hideki., Goto, Motonobu. (2014). *Simultaneous Extraction of Water and Essential Oils from Citrus Leaves and Peels Using Liquefied Dimethyl Ether.* Jepang & Surabaya : Department of Chemical Engineering, Nagoya University, Department of Chemical Engineering, ITS.
- Mcmurry, J. (2008). *Organic Chemistry* (Seventh Ed). Thomson Learning Inc.
- Nassar, Mamdouh M, Eman A. Ashour & Seddik S. Wahid. (1996). *Thermal Characteristic of Bagasse.* Minia University, Egypt.
- Nuwiah, Asrin. (2010). *Pemanfaatan Limbah Kayu Kamper Sebagai Karbon Aktif.* Kendari : Fakultas Pertanian Universitas Haluoleo.
- Ohrman, Olov dan Pettersson, Esbjorn. (2013). *Dewatering of Biomass Using Liquid Bio Dimethyl Ether.* Swedia: Energy Technology Centre in Pitea.
- Oshita, Kuzuyuki., Toda, Satoshi., Takaoka, Masaki., Kanda, Hideki., Fujimori, Takashi., Matsukawa, Kazutsugu., Fujiwara, Taku. (2015). *Solid Fuel Production from Cattle*

- Manure by Dewatering Using Liquefied Dimethyl Ether.*
Jepang : Department of Chemical Engineering, Nagoya University.
- Rachmawaty, Richa, Metty Meriyani & Slamet Priyanto. (2013). *Sintesis Selulosa Diasetat dari Enceng Gondok (Eichhornia crassipes) dan Potensinya untuk Pembuatan Membran.* Semarang: Universitas Diponegoro
- Riswoko, Asep. (2005). *Pengaruh Perubahan Struktur Kimia Selulosa Ester Film Terhadap Sifat Transmisi Cahaya.* Jakarta : Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Material (P3TM) BPPT.
- Sediawan, W.D. (2014). *Pirolisis Kayu Jati.* Surakarta : Universitas Muhamadiyah Surakarta.
- Silverstein, Bassler., (1986), Morril diterjemahkan oleh Hartono, A.J., Anny Victor Purba, Penyelidikan spektrometrik Senyawa Organik, Edisi ke empat, erlangga, Jakarta, 112–123.
- Solikhatiningsih., Sumarsih, Sri., Darmokoesoemo, Handoko. (2014). *Aktivitas Selulolitik dan Xilanolitik Enzim Sampah Untuk Biobleaching Pelepah Batang Pisang.* Surabaya : Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
- Supartini. (2009). *Komponen Kimia Kayu Meranti Kuning.* Balikpapan : Balai Besar Penelitian Dipterokarpa.
- Slopiecka, Katarzyna, Pietro Bartocci & Francesco Fantozzi. (2011). *Thermogravimetric Analysis and Kinetic Study of Poplar Wood Pyrolysis.* University of Perugia
- Tampubolon, Agustinus P. (2008). *Kajian Kebijakan Energi Biomassa Kayu Bakar.* Bogor : Pusat LITBANG Hasil Hutan.
- Triyono, Agus. (2006). *Karakteristik Bricket Arang Dari Campuran Serbuk Gergajian Kayu Afrika (Maesopsis eminii EngL) dan Sengon (Paraserianthes falcataria L. Nielsen) Dengan Penambahan Tempurung Kelapa (Cocos nucifera L).* Bogor : IPB

- Varlet, V., Smith, F., & Augsburger, M. (2014). New trends in the kitchen: Propellants assessment of edible food aerosol sprays used on food. *Food Chemistry*, 142, 311–317. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.036>
- Wu, J., Zhou, Y., & Lemmon, E. W. (2011). An Equation of State for the Thermodynamic Properties of Dimethyl Ether. *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, 40(2). <https://doi.org/10.1063/1.3582533>
- Yokoyama, Shinya. (2008). *Buku Panduan Biomassa Asia : Panduan Untuk Produksi dan Pemanfaatan Biomassa*. The Japan Institute of Energy.

DAFTAR NOTASI

| Notasi | Keterangan | Satuan |
|------------------|----------------|--------|
| P | Tekanan | MPa |
| T | Temperatur | °C, K |
| X_{air} | Fraksi air | - |
| X_{DME} | Fraksi DME | - |
| P | Daya Listrik | Watt |
| W | Energi Listrik | kJ |
| kWh | kilowatt hour | - |

Halaman ini sengaja dikosongkan

APPENDIKS

1. Perhitungan % kandungan air awal yang hilang serbuk kayu hasil pengeringan.

Contoh perhitungan :

Pada variabel serbuk kayu kamper, *moisture content* 50%, pada DME *treatments* ke-1 (penggunaan DME 16 mL).

% of *initial water removed*

$$= \frac{\text{pengurangan massa sampel (gram)}}{\text{jumlah air awal (gram)}} \\ = \frac{0,5124 \text{ gram}}{0,7409 \text{ gram}} \times 100\% = 69,16\%$$

Dengan cara perhitungan yang sama dilakukan untuk melakukan perhitungan untuk variabel lainnya.

2. Perhitungan konsentrasi jenuh (*saturation concentration*) air dalam DME.

Tabel A.1 Data hasil percobaan kelarutan cair sebagai fungsi suhu dalam sistem DME (1) – Air (2)

| Water phase | | Dimethyl ether phase | |
|-------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| T (K) | x_1 (mol/mol) | T (K) | x_1 (mol/mol) |
| 259.3 | 0.2081 | 253.7 | 0.9015 |
| 265.8 | 0.2050 | 255.1 | 0.8988 |
| 270.4 | 0.2027 | 263.7 | 0.8854 |
| 272.5 | 0.2021 | 273.5 | 0.8717 |
| 278.1 | 0.1967 | 274.3 | 0.8706 |
| 279.5 | 0.1961 | 283.5 | 0.8577 |
| 280.4 | 0.1972 | 293.3 | 0.8446 |
| 282.5 | 0.1940 | 293.6 | 0.8448 |
| 284.0 | 0.1915 | 303.0 | 0.8332 |
| 289.2 | 0.1884 | 312.6 | 0.8231 |
| 289.9 | 0.1851 | 312.9 | 0.8224 |
| 295.7 | 0.1795 | 321.1 | 0.8143 |
| 299.2 | 0.1735 | | |
| 306.4 | 0.1635 | | |
| 314.1 | 0.1528 | | |
| 319.6 | 0.1462 | | |
| 319.9 | 0.1451 | | |

(Hollдорff, 1988)

Diketahui :

T di ekstraktor = 28,91 °C

BM air = 18

BM DME = 46

Menghitung fraksi mol Dimetil Eter (DME phase) pada T = 28,91 °C = 302,06 K

Dari hasil interpolasi data didapatkan $X_{DME} = 0,8305$ (fraksi mol)

Karena $X_{air} + X_{DME} = 1$

Maka, $X_{air} = 0,1695$

Mengubah fraksi mol menjadi fraksi berat (% w/w)

Fraksi mol :

Basis = 100 mol

$X_{air} = 0,1695 \times 100 \text{ mol} = 16,95 \text{ mol}$

Massa air = mol x BM = 16,95 mol x 18 g/mol = 305,1 gram

$X_{DME} = 0,8305 \times 100 \text{ mol} = 83,05 \text{ mol}$

Massa DME = mol x BM = 83,05 mol x 46 g/mol = 3820,3 gram

Massa total = 4125,4 gram.

Fraksi berat :

$$X_{air} = \frac{\text{Massa air}}{\text{Massa total}} = \frac{305,1 \text{ gram}}{4125,4 \text{ gram}} = 0,07395 = 7,395\%$$

$$X_{DME} = \frac{\text{Massa DME}}{\text{Massa total}} = \frac{3820,3 \text{ gram}}{4125,4 \text{ gram}} = 0,92605 = 92,605\%$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kelarutan DME-air / konsentrasi jenuh air dalam DME pada T = 28,91 °C adalah 7,395%.

3. Menghitung % massa air yang terambil DME/massa DME cair yang digunakan (w/w) pada 28,91°C.

Contoh perhitungan :

Pada variabel serbuk kayu kamper, *moisture content* 50%, pada DME *treatments* ke-1 (penggunaan DME 16 mL).

$$\begin{aligned}\% w/w &= \frac{\text{massa air yang terambil DME}}{\text{massa DME cair yang digunakan}} \\ &= \frac{0,5124 \text{ gram}}{10,119 \text{ gram}} \times 100\% = 5,06\%\end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama dilakukan untuk melakukan perhitungan untuk variabel lainnya.

Hasil perhitungan untuk semua variabel tertera pada tabel dibawah ini :

Tabel A.2 Hasil % massa air yang terambil DME/massa DME cair yang digunakan (w/w) pada 28,91°C

| VARIABEL | | KAYU KAMPER | KAYU MERANTI | KAYU JATI |
|-----------|--------------------------|--|--|--|
| MC (%) | DME <i>treatments</i> | %(w/w, massa air yang terambil DME/massa DME cair) | %(w/w, massa air yang terambil DME/massa DME cair) | %(w/w, massa air yang terambil DME/massa DME cair) |
| 10 | 1 | 1.61% | 1.75% | 2.61% |
| | 2 | 0.99% | 0.77% | 1.36% |
| | 3 | 0.58% | 0.74% | 0.85% |
| | 4 | 0.43% | 0.51% | 0.68% |
| | 5 | 0.40% | 0.43% | 0.53% |
| 20 | 1 | 3.61% | 3.50% | 3.81% |
| | 2 | 2.14% | 2.01% | 2.44% |
| | 3 | 1.52% | 1.65% | 1.76% |
| | 4 | 1.31% | 1.13% | 1.49% |
| | 5 | 1.00% | 0.93% | 0.98% |

| | | | | |
|----|---|-------|-------|-------|
| 30 | 1 | 4.15% | 3.80% | 5.63% |
| | 2 | 2.15% | 2.15% | 2.96% |
| | 3 | 1.82% | 1.82% | 2.00% |
| | 4 | 1.41% | 1.07% | 1.61% |
| | 5 | 1.00% | 0.80% | 1.24% |
| 40 | 1 | 6.19% | 5.91% | 6.09% |
| | 2 | 4.15% | 3.52% | 3.60% |
| | 3 | 3.11% | 2.50% | 2.73% |
| | 4 | 2.29% | 1.95% | 2.22% |
| | 5 | 1.91% | 1.69% | 1.68% |
| 50 | 1 | 5.06% | 6.05% | 7.31% |
| | 2 | 3.18% | 3.43% | 4.31% |
| | 3 | 3.48% | 2.81% | 3.09% |
| | 4 | 2.02% | 1.86% | 2.44% |
| | 5 | 1.42% | 1.60% | 1.98% |

4. Menghitung DME *demand*.

Contoh perhitungan :

Pada variabel serbuk kayu kamper, *moisture content* 50%, pada DME *treatments* ke-1 (penggunaan DME 16 mL).

$$\begin{aligned}
 \text{DME demand} &= \frac{\text{jumlah DME yang digunakan (gram)}}{\text{pengurangan massa sampel (gram)}} \\
 &= \frac{10,119 \text{ gram}}{0,5124 \text{ gram}} = 19,749
 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama dilakukan untuk melakukan perhitungan untuk variabel lainnya.

5. Perhitungan jumlah minimum DME cair yang digunakan untuk membawa 1 gram air.

Pada variabel serbuk kayu jati, *moisture content* 50%, pada DME *treatments* ke-1 (penggunaan DME 13 mL).

Diketahui :

Densitas DME cair pada $T=28,91^{\circ}\text{C}$ sebesar 0,63246 gr/mL.

Jumlah DME cair yang digunakan = 13 mL = 8,2219 gram.

Pengurangan massa sampel hasil pengeringan = 0,6008 gram.

Sehingga, sebanyak 8,22198 gram DME cair dapat membawa/mengeringkan sebanyak 0,6008 gram air.

$$\begin{aligned} \text{Maka : } & \frac{\text{jumlah penggunaan DME cair}}{\text{pengurangan massa sampel}} \\ &= \frac{8,22198 \text{ gram DME cair}}{0,6008 \text{ gram air}} \\ &= 13,6805 \text{ gram DME cair} / 1 \text{ gram air} \end{aligned}$$

6. Menghitung energi yang diperlukan untuk pengeringan serbuk kayu menggunakan DME cair dan oven.

Pengeringan serbuk kayu menggunakan oven :

Contoh perhitungan :

Variabel serbuk kayu kamper, *moisture content* 10%, pada suhu oven 35°C .

Diketahui :

Waktu yang diperlukan untuk pengeringan = 1 jam 13 menit = 1,2167 jam.

Spesifikasi daya listrik oven = 2000 W.

1kWh = $3,6 \times 10^6$ Joule.

Energi yang dibutuhkan (J) = 2000 W x 1,2167 jam = 2433,4 Wh
= 2,4334 kW

= $8,76 \times 10^6$ Joule = 8760 kJ.

Tarif listrik per kWh (Juni 2017) = Rp. 1.467,28

Biaya listrik yang diperlukan (untuk satu kali *run* percobaan)

$$= 2,4334 \text{ kWh} \times \text{Rp. } 1.467,28 = \text{Rp. } 3.570,48$$

Dengan cara perhitungan yang sama dilakukan untuk melakukan perhitungan untuk variabel lainnya.

Pengeringan serbuk kayu menggunakan DME cair.

Contoh perhitungan :

Variabel serbuk kayu kamper, semua variabel *moisture content*, pada suhu *heater* 39°C.

Diketahui :

Waktu yang diperlukan untuk pengeringan = 30 menit = 0,5 jam.

Spesifikasi daya listrik *heater* = 1000 W.

$$1\text{kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ Joule.}$$

$$\text{Energi yang dibutuhkan (J)} = 1000 \text{ W} \times 0,5 \text{ jam} = 500 \text{ Wh} = 0,5$$

$$\text{kWh} = 1,8 \times 10^6 \text{ Joule} = 1800 \text{ kJ.}$$

$$\text{Tarif listrik per kWh (Juni 2017)} = \text{Rp. } 1.467,28$$

Biaya listrik yang diperlukan (untuk satu kali *run* percobaan)

$$= 0,5 \text{ kWh} \times \text{Rp. } 1.467,28 = \text{Rp. } 733,64$$

Harga DME cair per kg = Rp 17.500,-

Jumlah DME cair yang dibutuhkan untuk satu kali *run* percobaan = 105 gram.

Biaya pembelian bahan DME cair (untuk satu kali *run* percobaan)

$$= \frac{105 \text{ gram}}{1000 \text{ gram}} \times \text{Rp } 17.500,- = \text{Rp } 1.837,50$$

$$\text{Total biaya DME cair + listrik} = \text{Rp } 733,64 + \text{Rp } 1.837,50 = \text{Rp } 2.571,14$$

Dengan cara perhitungan yang sama dilakukan untuk melakukan perhitungan untuk variabel lainnya.

7. Perhitungan efisiensi energi dan biaya proses pengeringan serbuk kayu menggunakan DME cair dibandingkan dengan menggunakan oven.

Contoh perhitungan :

- Energi yang dibutuhkan untuk pengeringan kayu kamper menggunakan oven = 8760 kJ.
- Biaya yang dibutuhkan untuk pengeringan kayu kamper menggunakan oven = Rp 3.570,48

- Energi yang dibutuhkan untuk pengeringan kayu kamper menggunakan DME cair = 1800 kJ.
- Biaya yang dibutuhkan untuk pengeringan kayu kamper menggunakan DME cair = Rp 1.837,50

Maka, penghematan (efisiensi) energinya dapat dihitung dengan cara :

(Energi pengeringan menggunakan oven – energi pengeringan menggunakan DME cair)

$$\frac{\text{Energi pengeringan menggunakan DME cair}}{8760 \text{ kJ} - 1800 \text{ kJ}} \times 100\% = 386,67\%$$

Sedangkan, penghematan (efisiensi) biayanya dapat dihitung dengan cara :

(Biaya pengeringan menggunakan oven – Biaya pengeringan menggunakan DME cair)

$$\frac{\text{Biaya pengeringan menggunakan DME cair}}{\text{Rp } 3.570,48 - \text{Rp } 1.837,50} \times 100\% = 94,32\%$$

Halaman ini sengaja dikosongkan

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Dimas Tiar Wicaksono, anak sulung dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Arief Nurdianto dan Ibu Titi Purwaningsih ini lahir di Jakarta pada tanggal 17 Agustus 1995. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SD Mardi Yuana Depok (2001-2007), SMP Pangudi Luhur Jakarta (2007 – 2010) dan SMA Negeri 8 Jakarta (2010 – 2013).

Penulis kemudian melanjutkan pendidikan strata-1 (S1) dan mendapatkan gelar sarjananya di Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis pernah aktif mengikuti dalam program kreativitas mahasiswa bidang pengabdian masyarakat (PKM-M) yang didanai oleh DIKTI pada tahun 2013 serta berhasil menjadi Finalis dalam Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNAS) ke-27 Tahun 2014 di Universitas Diponegoro, Semarang. Penulis juga pernah aktif mengikuti kegiatan organisasi kemahasiswaan bidang minat dan bakat yaitu sebagai Sekretaris Departemen Rumah Tangga PSM ITS 2015/2016. Penulis juga beberapa kali mengikuti Lomba Paduan Suara baik tingkat regional, nasional, dan internasional mewakili ITS dan Indonesia. Pada tahun 2016, penulis melakukan kerja praktek di PT Indocement Tungal Prakarsa Tbk.. Penulis memilih Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran untuk melakukan penelitiannya dan menyelesaikan Pra Desain Pabrik “Pembangkit Energi dari Ampas Tebu” dan Skripsi yang berjudul “Pengeringan *Wood Biomass* Menggunakan Dimetil Eter Cair Untuk Meningkatkan *Heating Value*”

DATA PRIBADI PENULIS

| | |
|--------|--|
| Nama | Dimas Tiar Wicaksono |
| Alamat | Jalan Bhayangkara II/4, Komp. Hankam, Kelapa Dua, Cimanggis Depok. |
| No. HP | 081288978210 |
| Email | dimastiarw@gmail.com |
| Motto | Jangan mudah berpuas diri, sadarilah bahwa apa yang telah, yang sedang, dan yang akan kita lakukan masih jauh dari sempurna. |

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Mary Happy adalah anak ke-empat dari empat bersaudara. Lahir dari pasangan Bapak Aloysius Turahman dan Ibu Endang Agustina ini lahir di Madiun pada tanggal 16 Agustus 1994. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SD 01 Klegen Madiun (2001-2007), SMPN 1 Madiun (2007 – 2010) dan SMAN 2 Madiun (2010 – 2013). Penulis kemudian melanjutkan pendidikan strata-1 (S1) dan mendapatkan gelar sarjananya di Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.. Penulis juga pernah aktif dalam organisasi kemahasiswaan sebagai Pengurus Paduan Suara Mahasiswa ITS 2015/2016 sebagai Sekretaris Departemen Hubungan Luar. Penulis juga beberapa kali mengikuti Lomba Paduan Suara baik tingkat regional, nasional, dan internasional mewakili ITS dan Indonesia. Penulis pernah mengikuti lomba Paduan Suara di Gorizia, Italia pada tahun 2015 serta mendapatkan 3 Medali Emas dan 3 Medali Perak. Pada tahun Juli 2017, penulis juga mengikuti lomba paduan suara di Llangollen Inggris serta mendapat juara 2 dalam berbagai kategori. Pada tahun 2016, penulis melakukan kerja praktek di PT Pupuk Sriwidjaja Palembang. Penulis memilih Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran untuk melakukan penelitiannya dan menyelesaikan Pra Desain Pabrik “Pembangkit Energi dari Ampas Tebu (Bagasse)” dan Skripsi yang berjudul “Pengeringan *Wood Biomass* Menggunakan Dimetil Eter Cair Untuk Meningkatkan *Heating Value*”.

DATA PRIBADI PENULIS

| | |
|--------|---|
| Nama | Mary Happy |
| Alamat | Jalan Jati Kampir no. 27 Madiun |
| No. HP | 085749150577 |
| Email | maryhappy56@gmail.com |
| Motto | Whatever you are be a good one. Kamu bisa jika kamu berpikir bahwa kamu bisa. |